

ENVIRONMENT & HEALTH

ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

№ 3 (120) • 2026



ENVIRONMENT & HEALTH

ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

№ 3 (120) • 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Надія ПОЛЬКА (Україна)
(головний редактор)

Олена ТУРОС (Україна)

Михайло БУЗИННИЙ (Україна)

Олена СУРМАСHEBA (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 № 7 від 17.09.2026)

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. 7, September 17, 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

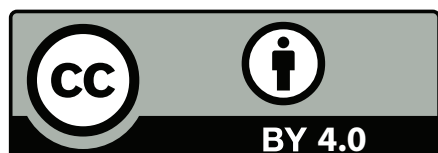
LANGUAGE EDITOR:

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

**Шкробанець І.Д., Гопко Н.В., Гозак С.В.,
Єлізарова О.Т., Станкевич Т.В.**

Майбутнє батьківство у життєвих планах підлітків
Чернівецької області в умовах війни

**Завгородній І., Літовченко О., Стукалкіна Д.,
Сущенко Е., Шенгер А., Капустник В.,
Тілманн Б., Беккельманн І.**

Ризик вигорання серед анестезіологів та лікарів
інтенсивної терапії в Україні в умовах воєнного часу

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

Визначення чутливості до антибіотиків збудників
інфекцій, виділених при наданні медичної
допомоги, в Україні у 2023–2024 роках

Шидловська Т.А., Ковальчук О.В.

Стан мозкового кровообігу при прогресуючій
сенсоневральній приглухуватості

Калиниченко І.О., Латіна Г.О.

Соціально-біологічні детермінанти рухової
поведінки населення в умовах глобальних
викликів та обмежень

Котов В.О.

Клінічна характеристика та скарги хворих
з ураженням слухової системи після вибухової
травми

**Кулагін О.О., Шевченко О.А., Крамарьова Ю.С.,
Штепа О.П., Щудро С.А.**

Комплексна оцінка ефективності сорбентів
на основі іммобілізованих вуглеводнево-
окиснювальних штамів бактерій
(натурні та лабораторні дослідження)

Матюхина О.Л.

Діагностичне значення визначення часу
максимальної фонації у пацієнтів з органічною
патологією гортані

**Козак М.С., Безега М.І., Волкова Т.В.,
Гвоздецький В.А., Белякова І.А., Пелешенко Н.О.**

Науковий аналіз скарг осіб, які перехворіли
на covid-19 і мають порушення слуху, нюху,
голосу та вестибулярної функції різного
ступеня вираженості

Таможанська Г.В.

Вплив гіпопресивних тренувань на вентиляційну
здатність легенів та якість життя жінок
репродуктивного віку з дисфункцією тазового дна

**Піхтірєва А.В., Сміянов В.А., Івахнюк Т.В.,
Шкромда О.І., Івченко В.Д., Сміянова О.І.**

Бактерицидна ефективність робочих розчинів
дезінфектантів

**5 Shkrobanets I.D., Hopko N.V., Hozak S.V.1,
Yelizarova O.T., Stankevych T.V.**

Future parenthood in the life plans of adolescents
in Chernivtsi region during wartime

**14 Zavgorodnii I., Litovchenko O., Stukalkina D.,
Sushchenko E., Shenher A., Kapustnyk V.,
Thielmann B., Boeckelmann I.**

Burnout risk among anesthesiologists and intensive
care physicians in Ukraine under wartime conditions

**21 Surmasheva O.V., Glushkevich T.G., Sboeva A.M.,
Rosada M.O., Molchanets O.V., Polka O.O.**

Analysis of sensitiveness to antibiotics of the infections
associated with the provision of medical care,
distinguished in Ukraine in 2023–2024

28 Shydlovska T.A., Kovalchuk O.V.

Cerebral circulation state in progressive sensorineural
hearing loss

33 Kalynychenko I.O., Latina H.O.

Socio-biological determinants of population
physical activity behavior under global challenges
and restrictions

40 Kotov V.O.

Clinical characteristics and complaints of patients
with auditory system damage after blast injury

**46 Kulahin O.O., Shevchenko O.A., Kramarova Yu.S.,
Shtepa O.P., Shchudro S.A.**

Comprehensive evaluation of the effectiveness
of sorbents based on immobilized hydrocarbon-
oxidizing bacterial strains
(field and laboratory studies)

54 Matiukhina O.L.

Diagnostic value of determining the time
of maximum phonation in patients with organic
pathology of the larynx

**59 Kozak M.S., Bezega M.I., Volkova T.V.,
Hvozdetyski V.A., Bieliakova I.A., Peleshenko N.O.**

A scientific analysis of complaints from patients
who have recovered from covid-19 with hearing,
olfactory, voice, and vestibular dysfunction
of varying severity

64 Tamozhanska G.V.

The impact of hypopressive training on lung
ventilation capacity and quality of life of women
of reproductive age with pelvic floor dysfunction

**72 Pikhistrova A., Smiianov V., Ivakhniuk T.,
Shkromada O., Ivchenko V., Smiianova O.**

Bactericidal efficiency of working disinfectant
solutions

ОГЛЯДОВІ ТА АНАЛІТИЧНІ СТАТТІ

REVIEWS AND ANALYTICAL ARTICLES

**Голубятников М.І., Тюпа В.В.,
Джуртубаєва Г.М., Герасименко О.А.,
Мельник О.А.**

Особливості функціонування систем
епідеміологічного нагляду в умовах зміни клімату.
Аналіз міжнародного досвіду

**Чернець Т.Ю., Кучер С.В., Руда М.М.,
Верещагіна Н.Я., Дживак В.Г.**

Сучасні концепції діагностики та лікування
гастроезофагеальної рефлюксної хвороби

**Коноплицький В.С., Коробко Ю.Є., Сасюк А.І.,
Лукианець О.О., Михальчук Т.І., Димчина Ю.А.**

Сучасні підходи до діагностики та лікування
вродженої діафрагмальної грижі у дітей:
огляд літератури

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

Вібрація у навколишньому середовищі
та громадське здоров'я: scoping-огляд впливу
на здоров'я, оцінювання експозиції
та профілактичних стратегій

Ковтун Л.О.

Цифровий моніторинг ультрафіолетової експозиції
як складова профілактики раку шкіри

Аністратенко Т.І.

Аліментарний супровід психосоматичних
захворювань: роль спецій та персоналізація
з урахуванням темпераменту

**78 Golubyatnykov M.I., Tiupa V.V.,
Dzhurtubaieva H.M., Gerasymenko O.A.,
Melnik O.A.**

Features of the operation of epidemiological
surveillance systems in the context of climate change.
An analysis of international experience

**89 Chernets T.Yu., Kucher S.V., Ruda M.M.,
Vereshchahina N.Ya., Dzhyvak V.H.**
Current concepts in the diagnosis and treatment
of gastro-oesophageal reflux disease

**97 Konoplitskyi V.S., Korobko Yu.Ye., Sasiuk A.I.,
Lukiiianets O.O., Mykhalchuk T.I., Dymchyna Yu.A.**
Modern approaches to the diagnosis and treatment
of congenital diaphragmatic hernia in children:
a literature review

**106 Halak S.S., Semashko P.V., Bezverkha A.P.,
Serdiuk Ye.A., Gots O.V.**
Environmental vibration and public health:
a scoping review of health effects,
exposure assessment, and preventive
strategies

121 Kovtun L.O.
Digital monitoring of ultraviolet exposure
as part of skin cancer prevention

134 Anistratenko T.I.
Nutritional support of psychosomatic diseases:
the role of spices and personalization
based on temperament

МАЙБУТНЄ БАТЬКІВСТВО У ЖИТТЄВИХ ПЛАНАХ ПІДЛІТКІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Шкробанець І.Д.¹,
Гопко Н.В.²,
Гозак С.В.¹,
Єлізарова О.Т.¹,
Станкевич Т.В.¹

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

² Державна установа
«Чернівецький обласний
центр контролю
та профілактики хвороб
Міністерства охорони
здоров'я України»,
м. Чернівці, Україна

- Намір підлітків мати дітей у майбутньому формується у взаємозв'язку із соціальними умовами, міграційними та освітньо-професійними планами. Вивчення цих зв'язків є важливим для формування державної демографічної політики в умовах демографічної кризи та повномасштабної війни.
- **МЕТА.** Оцінити намір підлітків Чернівецької області мати дітей у майбутньому та його асоціації із соціально-демографічними характеристиками, міграційними й освітньо-професійними планами.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** У квітні 2026 року проведено поперечне анонімне опитування 2509 учнів віком 15–18 років із використанням авторської 17-пунктової анкети. Незалежні асоціації оцінено у багатозмінній бінарній логістичній регресії ($N = 2409$), куди включили анкети з повністю заповненими полями, з поданням скоригованих відношень шансів (сВШ) і 95% довірчих інтервалів (ДІ).
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Серед тих, хто відповів на питання про бажання мати дітей у майбутньому, 73,3% (95% ДІ 71,6–75,0) обрали відповідь «так». Стать не була незалежно асоційована з наміром мати дітей (сВШ = 0,97; 95% ДІ 0,80–1,18). Намір залишитися в регіоні був асоційований із вищими шансами наміру мати дітей порівняно з невизначеністю (сВШ = 2,30; 95% ДІ 1,78–2,99). Порівняно з мешканцями сіл нижчі шанси позитивної відповіді щодо майбутнього батьківства мали мешканці міст (сВШ = 0,50; 95% ДІ 0,41–0,62) та селищ (сВШ = 0,56; 95% ДІ 0,40–0,80). Плани здобути університетську або професійну/фахову передвищу освіту також були асоційовані з вищими шансами відповіді «так» порівняно з планами працювати за кордоном: сВШ = 1,44 (95% ДІ 1,10–1,89) та сВШ = 1,53 (95% ДІ 1,18–1,98) відповідно.
- **ВИСНОВКИ.** Намір щодо майбутнього батьківства у підлітків Чернівецької області пов'язаний із ширшим контекстом їхніх життєвих, міграційних та освітньо-професійних планів. Отримані результати підкреслюють доцільність територіально чутливого підходу у громадському здоров'ї, спрямованого на створення умов, у яких молоді люди можуть планувати освіту, професійну реалізацію, місце проживання та майбутню сім'ю. Виявлені зв'язки потребують подальшої перевірки в інших регіонах і у подовжніх дослідженнях.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** підлітки, майбутнє батьківство, намір мати дітей, міграційні наміри, освітньо-професійні плани, теорія самодетермінації, війна.

FUTURE PARENTHOOD IN THE LIFE PLANS OF ADOLESCENTS IN CHERNIVTSI REGION DURING WARTIME

Shkrobanets I.D.¹,
Hopko N.V.²,
Hozak S.V.¹,
Yelizarova O.T.¹,
Stankevych T.V.¹

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

² State Institution
«Chernivtsi Oblast Center
for Disease Control
and Prevention
of the Ministry of Health
of Ukraine»,
Chernivtsi, Ukraine

- The study of social factors and adolescents' intention toward future parenthood is a priority for public policy development amid the demographic crisis and the full-scale war.
- **OBJECTIVE.** To assess adolescents' intention to have children in the future and its associations with sociodemographic characteristics, migration intentions, and educational and career plans in Chernivtsi Region.
- **MATERIALS AND METHODS.** In April 2026, a cross-sectional anonymous survey of 2,509 students aged 15–18 years was conducted using an author-developed 17-item questionnaire. Independent associations were assessed using multivariable binary logistic regression. The model included 2,409 respondents with complete data for all variables used in the analysis. Results are presented as adjusted odds ratios (aORs) with 95% confidence intervals (CIs).
- **RESULTS.** Among those who answered the question about their intention to have children in the future, 73.3% (95% CI 71.6–75.0) answered «yes». Sex was not independently associated with the intention to have children (aOR = 0.97; 95% CI 0.80–1.18). Intending to remain in the region was associated with higher odds of intending to have children compared with being undecided (aOR = 2.30; 95% CI 1.78–2.99). Compared with adolescents living in rural areas, those living in cities had lower odds of a positive response regarding future parenthood (aOR = 0.50; 95% CI 0.41–0.62), as did those living in urban-type settlements (aOR = 0.56; 95% CI 0.40–0.80). Plans to pursue university education or vocational/professional pre-higher education were also associated with higher odds of answering «yes» compared with plans to work abroad: aOR = 1.44 (95% CI 1.10–1.89) and aOR = 1.53 (95% CI 1.18–1.98), respectively.
- **CONCLUSIONS.** The intention to have children in the future among adolescents in Chernivtsi oblast is linked to the broader context of their lives, including migration and educational and professional plans.

The results underscore the feasibility of a territorially sensitive approach in public health, aimed at creating conditions in which young people can plan their education, professional development, place of residence, and future family. The identified connections require further verification in other regions and in longitudinal studies.

■ **KEYWORDS:** *adolescents, future parenthood, intention to have children, migration intentions, educational and career plans, self-determination theory, war.*

Дослідження свідчать, що демографічна ситуація в Україні сьогодні формується під впливом тривалого зниження народжуваності, міграції, надлишкової смертності та наслідків повномасштабної війни [1–6]. Передумови демографічної кризи виникли ще до 2022 року [4, 6], а війна посилила невизначеність щодо безпеки, місця проживання, освіти, зайнятості та довгострокових життєвих планів [3, 4], що створює додаткові ризики для відтворення населення.

У цих умовах обґрунтовані управлінські рішення у сфері демографічної політики потребують дослідження не лише поточних демографічних показників, що відображають уже реалізовані події, а й умов, за яких формується орієнтація на майбутнє батьківство. Однією з груп, що потребують особливої уваги в цьому контексті, є підлітки.

Підлітковий вік є періодом інтенсивного формування та переосмислення життєвих орієнтирів, коли уявлення про освіту, професійну реалізацію, майбутнє місце проживання та сімейні ролі інтегруються в загальну життєву траєкторію [7, 8]. Систематичні огляди й дослідження молоді пов'язують формування наміру мати дітей із соціально-демографічними характеристиками, особистими цінностями, психологічною готовністю, партнерськими відносинами, матеріальними умовами та доступністю підтримки [9–14]. Тому намір мати дітей у майбутньому можна розглядати не лише як окремий репродуктивний намір, а й, у ширшому теоретичному контексті, як ранній індикатор того, яке місце майбутнє батьківство посідає в уявленні підлітка про власне майбутнє та в системі його життєвих цілей і самоідентифікації [8, 15].

У цьому контексті дослідження соціально-го клімату під час криз показують асоціації між зростанням невизначеності та менш визначеними намірами щодо народження дітей [16]. Для України цей контекст доповнюється впливом тривалого воєнного стану на психічне здоров'я молоді [17] та взаємодією економічної, політичної й безпекової невизначеності [18].

Враховуючи викладене, метою дослідження було оцінити намір підлітків Чернівецької області мати дітей у майбутньому та його асоціації із соціально-демографічними характеристиками, міграційними й освітньо-професійними планами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У квітні 2026 року проведено поперечне анонімне анкетне опитування учнів віком 15–18 років, які навчалися у закладах загальної середньої та фахової передвищої освіти Чернівецької області. Загальний обсяг вибірки становив 2509 респондентів. Стат'я зазначили 2500 учасників; серед них 1411 (56,4%) були дівчатами.

Чернівецьку область обрано як прикордонний регіон, що поєднує міські та сільські громади, характеризується вираженими міграційними потоками та зазнав відносно меншої кількості прямих руйнувань порівняно з регіонами, розташованими ближче до зони бойових дій. Результати характеризують опитаних підлітків цього регіону і не призначені для прямої екстраполяції на всіх підлітків України.

Використовували авторську 17-пунктову анкету, розроблену дослідницькою групою в межах регіонального проекту з вивчення демографічного потенціалу. Попередню версію анкети було піддано експертному оцінюванню фахівцями у сфері громадського здоров'я та біостатистики й апробовано у фокус-групі. За результатами експертного оцінювання та фокус-групового обговорення формулювання окремих пунктів було уточнено.

Анкета містила закриті та напіввідкриті питання про соціально-демографічні характеристики, склад батьківської родини, уявлення про майбутню сім'ю, міграційні наміри, освітньо-професійні плани та запити до громади. Стандартизованих психометричних шкал анкета не містила; її призначенням був опис самооцінених намірів, планів і очікувань. Опитування проводили з використанням паперових анкет.

Дизайн дослідження та інструментарій схвалено Комітетом з біоетики ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН

України» (протокол № 3 від 07.10.2025). Участь у дослідженні була добровільною. Для неповнолітніх учасників отримували інформовану згоду батьків або законних представників і згоду самих підлітків; повнолітні учасники надавали власну інформовану згоду. Опитування проводили анонімно та конфіденційно.

Основним результатом була відповідь на питання «Чи хотів(ла) б ти в майбутньому мати дітей?» із варіантами «Так», «Ні» та «Не знаю». В описовому аналізі зберігали всі три категорії. Для оцінювання факторів, асоційованих із позитивним наміром, у логістичній регресії відповідь «Так» кодували як 1, а відповіді «Ні» та «Не знаю» — як 0. Цей показник відображає заявлений на момент опитування намір, а не результат стандартизованого вимірювання латентного конструкту мотивації.

Категоріальні дані подано як n (%). Для ключових часток 95% довірчі інтервали розраховано методом Вілсона у Python 3.12. Асоціації між категоріальними змінними оцінювали за χ^2 -критерієм Пірсона, а силу асоціацій — за V Крамера [19]. Усі статистичні тести були двобічними; рівень статистичної значущості становив $p < 0,05$.

Для оцінювання незалежних асоціацій побудовано багатозмінну бінарну логістичну регресійну модель. До моделі одночасно включили стать, тип населеного пункту, район проживання, кількість дітей у батьківській родині, намір залишитися в регіоні та плани після закінчен-

ня школи. Питання про бажане місце проживання не включали до моделі, оскільки його ставили лише учасникам, які не планували залишатися в регіоні або не визначилися щодо цього, і воно було умовним продовженням попереднього питання.

Застосовано аналіз повних спостережень; до моделі включено 2409 респондентів із повними даними за всіма використаними змінними. Результати подано як скориговані відношення шансів (сВШ) із 95% довірчими інтервалами. Загальну статистичну значущість моделі оцінювали за критерієм відношення правдоподібностей, а її пояснювальну здатність характеризували за допомогою псевдо- R^2 Мак-Фаддена. Мультиколінеарність оцінювали за коефіцієнтом інфляції дисперсії (VIF).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Із 2502 респондентів, які зазначили тип населеного пункту, 1560 (62,4%) проживали в селах, 764 (30,5%) — у містах, 178 (7,1%) — у селищах. Серед 2487 валідних відповідей щодо району 1787 (71,9%) припадали на Чернівецький, 484 (19,5%) — на Дністровський і 216 (8,7%) — на Вижицький район.

На питання про намір залишитися жити у своєму регіоні відповіли 2498 підлітків: 682 (27,3%; 95% ДІ 25,6–29,1) обрали «Так», 650 (26,0%; 95% ДІ 24,3–27,8) — «Ні», 1166 (46,7%; 95% ДІ 44,7–48,6) — «Не визначився/не визначилась». Розподіл відповідей відрізнявся за стат-

Таблиця 1. Міграційні наміри підлітків за статтю та типом населеного пункту, n (%)

Стать	Тип населеного пункту	Так, n (%)	Ні, n (%)	Не визначився/не визначилась, n (%)
Хлопці	Місто	71 (24,4)	70 (24,1)	150 (51,5)
	Селище	34 (33,7)	25 (24,8)	42 (41,6)
	Село	243 (35,2)	142 (20,6)	305 (44,2)
	Разом	348 (32,2)	237 (21,9)	497 (45,9)
Дівчата	Місто	98 (20,9)	158 (33,8)	212 (45,3)
	Селище	17 (22,4)	20 (26,3)	39 (51,3)
	Село	212 (24,6)	234 (27,2)	415 (48,2)
	Разом	327 (23,3)	412 (29,3)	666 (47,4)
Уся вибірка	Місто	170 (22,4)	228 (30,0)	362 (47,6)
	Селище	51 (28,7)	45 (25,3)	82 (46,1)
	Село	458 (29,5)	377 (24,2)	720 (46,3)
	Разом	679 (27,2)	650 (26,1)	1164 (46,7)

Примітка. До таблиці включено 2493 респондентів із валідними відповідями щодо типу населеного пункту та наміру залишитися в регіоні; 6 із них не зазначили стать і враховані лише в рядках «Уся вибірка». Для хлопців $\chi^2(4) = 11,93$; $p = 0,018$; V Крамера = 0,074; для дівчат $\chi^2(4) = 7,32$; $p = 0,120$; V Крамера = 0,051; для всієї вибірки $\chi^2(4) = 16,29$; $p = 0,003$; V Крамера = 0,057.

тю ($\chi^2(2) = 31,65$; $p < 0,001$), однак сила асоціації була слабкою (V Крамера = 0,113).

Питання про бажане місце проживання аналізували лише серед 1816 респондентів, які не планували залишатися в регіоні або не визначилися. Валідну відповідь надали 1653 особи: 880 (53,2%) обрали проживання за кордоном, 417 (25,2%) — в іншому регіоні України, 356 (21,5%) — в іншому місті або селі поблизу.

Серед відповідей про причини можливого виїзду найчастіше зазначали вищий рівень життя та кращі можливості працевлаштування; рідше — безпеку й освіту. Відкриті відповіді свідчили також про поєднання кількох причин, тому ці дані мають описовий характер.

На питання про плани після школи відповіли 2458 підлітків: 849 (34,5%) планували здобути професійну або фахову передвищу освіту, 700 (28,5%) — університетську освіту, 501 (20,4%) — працювати за кордоном, 408 (16,6%) — працювати недалеко від дому. Розподіл планів відрізнявся за статтю ($\chi^2(3) = 62,90$; $p < 0,001$; V Крамера = 0,160), що відповідає слабкій асоціації.

На питання про бажання мати дітей у майбутньому відповіли 2491 респондент: 1827 (73,3%; 95% ДІ 71,6–75,0) обрали «Так», 459 (18,4%; 95% ДІ 17,0–20,0) — «Не знаю», 205 (8,2%; 95% ДІ 7,2–9,4) — «Ні».

Серед 1819 респондентів, які одночасно відповіли «Так» на питання про майбутніх дітей

і зазначили бажану їх кількість, 1180 (64,9%) хотіли б мати двох дітей, 296 (16,3%) — трьох, 280 (15,4%) — одну, 63 (3,5%) — чотирьох або більше. Частки відповідей «Ні» за статтю й типом населеного пункту наведено на рис. 1.

У містах частка відповідей «Ні» становила 7,2% серед хлопців і 13,9% серед дівчат; у селищах — 14,9% і 17,1% відповідно; у селах — 5,4% і 6,0%. Ширші довірчі інтервали для селищ відображають меншу чисельність цих підгруп.

Освітньо-професійні плани відрізнялися між категоріями відповіді щодо майбутніх дітей як у хлопців ($\chi^2(6) = 19,59$; $p = 0,003$; V Крамера = 0,096), так і у дівчат ($\chi^2(6) = 20,45$; $p = 0,002$; V Крамера = 0,086); сила обох асоціацій була слабкою (табл. 2).

Оптимальним віком створення сім'ї 1832 із 2488 респондентів (73,6%) вважали 23–27 років; варіант «До 22 років» обрали 297 (11,9%). Серед валідних відповідей про пріоритети майбутнього сімейного життя 1511 (61,6%) стосувалися взаєморозуміння, 398 (16,2%) — освіти та кар'єри, 278 (11,3%) — матеріального добробуту.

До багатозмінної логістичної моделі включено 2409 повних спостережень; 1776 респондентів відповіли «Так», 633 — «Ні» або «Не знаю» (табл. 3).

Після одночасного врахування всіх змінних намір залишитися в регіоні був асоційований з вищими шансами відповіді «Так» порівняно

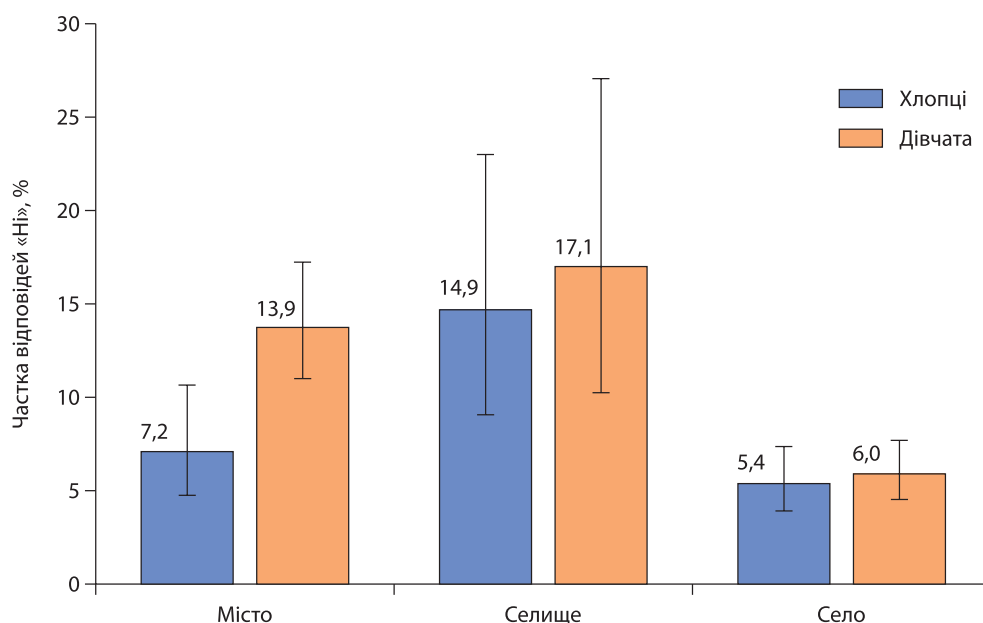


Рис. 1. Частка підлітків, які відповіли «Ні» на питання про бажання мати дітей у майбутньому, за статтю та типом населеного пункту

Примітка: Планки похибок — 95% довірчі інтервали Вілсона.

Таблиця 2. Освітньо-професійні плани підлітків за статтю та відповіддю щодо бажання мати дітей у майбутньому, *n* (%)

Стать	Відповідь щодо дітей	Робота за кордоном, <i>n</i> (%)	Університетська освіта, <i>n</i> (%)	Професійна / фахова передвища освіта, <i>n</i> (%)	Робота недалеко від дому, <i>n</i> (%)
Хлопці	Так	173 (21,9)	167 (21,1)	295 (37,3)	155 (19,6)
	Ні	32 (4,4)	10 (13,9)	17 (23,6)	13 (18,1)
	Не знаю	48 (24,2)	41 (20,7)	74 (37,4)	35 (17,7)
	Разом	253 (23,9)	218 (20,6)	386 (36,4)	203 (19,2)
Дівчата	Так	152 (15,1)	355 (35,3)	353 (35,1)	147 (14,6)
	Ні	35 (27,8)	42 (33,3)	32 (25,4)	17 (13,5)
	Не знаю	58 (23,4)	80 (32,3)	74 (29,8)	36 (14,5)
	Разом	245 (17,7)	477 (34,5)	459 (33,2)	200 (14,5)
Уся вибірка		498 (20,4)	695 (28,5)	845 (34,6)	403 (16,5)

Примітка. До таблиці включено 2441 респондента з валідними відповідями щодо статі, бажання мати дітей і планів після школи. Відсотки обчислено в межах кожного рядка.

Таблиця 3. Фактори, асоційовані з відповіддю «так» щодо бажання мати дітей у майбутньому: багатозмінна бінарна логістична регресія

Показник	Порівняння	сВІШ	95% ДІ	<i>p</i>
Тип населеного пункту	Місто порівняно із селом	0,50	0,41–0,62	< 0,001
	Селище порівняно із селом	0,56	0,40–0,80	0,001
Район проживання	Чернівецький порівняно з Вижицьким	1,21	0,87–1,70	0,262
	Дністровський порівняно з Вижицьким	1,24	0,84–1,82	0,274
Кількість дітей у батьківській родині	1 порівняно з 4 і більше	0,79	0,57–1,12	0,184
	2 порівняно з 4 і більше	0,84	0,64–1,09	0,190
	3 порівняно з 4 і більше	0,95	0,70–1,28	0,719
Намір залишитися жити у своєму регіоні	Так порівняно з невизначеними	2,30	1,78–2,99	< 0,001
	Ні порівняно з невизначеними	0,91	0,73–1,13	0,405
Плани після закінчення школи	Університетська освіта порівняно з роботою за кордоном	1,44	1,10–1,89	0,008
	Професійна/фахова передвища освіта порівняно з роботою за кордоном	1,53	1,18–1,98	0,001
	Робота недалеко від дому порівняно з роботою за кордоном	1,19	0,87–1,62	0,290
Стать	Дівчата порівняно з хлопцями	0,97	0,80–1,18	0,782

Примітка. *N* = 2409; аналіз повних спостережень. Залежна змінна: 1 — «так», 0 — «ні» або «не знаю». Усі наведені сВІШ скориговано одночасно за стать, тип населеного пункту, район, кількість дітей у батьківській родині, намір залишитися в регіоні та плани після школи. Референтні категорії вказано в порівняннях. Загальна модель: $\chi^2(13) = 133,10$; $p < 0,001$; псевдо- R^2 Мак-Фаддена = 0,048. Максимальний VIF = 2,70.

з невизначеністю (сВІШ = 2,30; 95% ДІ 1,78–2,99; $p < 0,001$). Порівняно з мешканцями сіл нижчі шанси мали мешканці міст (сВІШ = 0,50; 95% ДІ 0,41–0,62; $p < 0,001$) і селищ (сВІШ = 0,56; 95% ДІ 0,40–0,80; $p = 0,001$).

Плани здобути університетську освіту (сВІШ = 1,44; 95% ДІ 1,10–1,89; $p = 0,008$) або професійну / фахову передвищу освіту (сВІШ = 1,53; 95% ДІ

1,18–1,98; $p = 0,001$) були асоційовані з вищими шансами відповіді «Так» порівняно з планами працювати за кордоном.

Для статі, району проживання, кількості дітей у батьківській родині, наміру виїхати порівняно з невизначеністю та планів працювати недалеко від дому порівняно з роботою за кордоном статистично значущих незалежних

асоціацій не виявлено. Псевдо- R^2 Мак-Фаддена становив 0,048, що вказує на низьку пояснювальну здатність моделі.

У відкритому питанні про дії громади найчастіше зазначали розвиток інфраструктури для активного відпочинку та дозвілля (30,4%), розширення мережі закладів професійної та фахової передвищої освіти (21,0%), підтримку молодіжних ініціатив і стартапів (19,3%), розвиток туризму та малого бізнесу (11,2%). Організацію молодіжних заходів всеукраїнського рівня зазначили 7,1% респондентів.

Рідше відповіді стосувалися доріг, робочих місць, оплати праці, сучасних технологій і розвитку закладів вищої освіти (2,4%), а також безпеки, миру й запобігання корупції (1,0%). Відповіді без конкретної пропозиції становили 6,5%; комплексну відповідь «Усе перелічене» надали 1,0%.

Структура запитів до громади відрізнялася залежно від планів після школи ($\chi^2(24) = 84,53$; $p < 0,001$; V Крамера = 0,107). В усіх групах найчастішим був запит на інфраструктуру для активного відпочинку, тоді як серед орієнтованих на професійну освіту відносно частіше зазначали розширення мережі відповідних закладів.

Асоціації структури запитів із віком ($\chi^2(16) = 36,57$; $p = 0,002$; V Крамера = 0,086) та уявленням про оптимальний вік створення сім'ї ($\chi^2(24) = 50,99$; $p = 0,001$; V Крамера = 0,083) також були статистично значущими, але слабкими.

У поперечному регіональному опитуванні 73,3% підлітків, які відповіли на відповідне питання, зазначили, що хотіли б мати дітей у майбутньому. Цей результат відображає заявлений на момент опитування намір, а не стабільну характеристику особистості, майбутню репродуктивну поведінку чи безпосередньо виміряну мотивацію. Переважання позитивних відповідей загалом узгоджується з результатами систематичних оглядів і досліджень молоді, які показують, що намір мати дітей формується під впливом соціально-демографічних характеристик, особистих цінностей, психологічної готовності, партнерських відносин, матеріальних умов і доступності підтримки [9–14]. Відмінності у віці учасників, формулюванні питань, структурі вибірок і суспільному контексті не дозволяють безпосередньо зіставляти абсолютні частки між дослідженнями.

Стать не була незалежно асоційована з позитивною відповіддю щодо майбутнього батьківства. Це свідчить, що після одночасного врахування типу населеного пункту, району

проживання, складу батьківської родини, міграційних намірів та освітньо-професійних планів стать не пояснювала відмінностей у шансах позитивної відповіді. Водночас це не виключає можливих відмінностей між хлопцями й дівчатами у мотивах, очікуваних сімейних ролях, бажаній кількості дітей або умовах реалізації наміру, які використаною анкетною безпосередньо не оцінювалися. Попередні дослідження також показують, що репродуктивні наміри пов'язані не з однією соціально-демографічною характеристикою, а з поєднанням ціннісних, соціальних і життєвих чинників [9, 10, 14].

Найвиразнішою незалежною асоціацією був намір залишитися в регіоні, що може пояснюватися як ширшу визначеність життєвих планів, так і сприйняту можливість їх реалізації. Виявлена асоціація узгоджується з дослідженнями, у яких соціальна та економічна невизначеність була пов'язана з менш визначеними намірами щодо народження дітей [16]. В українському контексті ще до повномасштабного вторгнення репродуктивні наміри формувалися під впливом взаємодії економічної кризи, політичної нестабільності та збройного конфлікту [18]. Отримані результати поширюють це спостереження на підлітків, для яких невизначеність щодо майбутнього місця проживання вже поєднується з уявленнями про майбутню сім'ю.

Порівняно з мешканцями сіл, мешканці міст і селищ мали нижчі шанси позитивної відповіді щодо майбутнього батьківства. Цей результат може бути пов'язаний із відмінностями в сімейних моделях, локальних соціальних нормах, структурі батьківських родин, міграційних очікуваннях або уявленнях про можливість поєднати сімейне й професійне життя. Соціально-демографічні відмінності в намірах щодо народження дітей описані й у попередніх дослідженнях [9, 10, 14]. Проте конкретні механізми, що пояснюють відмінності між типами населених пунктів у нашій вибірці, безпосередньо не вимірювалися. Тому тип населеного пункту слід розглядати як контекстуальну характеристику, асоційовану з наміром, а не як самостійну причину орієнтації на майбутнє батьківство.

Плани здобути університетську або професійну чи фахову передвищу освіту були асоційовані з вищими шансами позитивної відповіді порівняно з наміром працювати за кордоном. Цей результат не слід трактувати як прямий позитивний вплив освіти на репродуктивні

наміри. Освітні плани можуть бути маркером більш структурованої життєвої траєкторії, тоді як орієнтація на роботу за кордоном може поєднуватися з міграційною невизначеністю, відкладенням сімейних планів або очікуванням тривалого перехідного періоду. Така інтерпретація узгоджується з дослідженнями, які пов'язують наміри щодо народження дітей із психологічною готовністю, життєвими цілями, матеріальними умовами та оцінкою можливості поєднати освіту, зайнятість і сімейне життя [9, 12, 14].

З позицій теорії самодетермінації запити підлітків до громад можна інтерпретувати як контекстуальні умови, потенційно пов'язані з підтримкою автономності, компетентності та пов'язаності [15]. Освітні можливості й підтримка молодіжних ініціатив можуть сприяти відчуттю компетентності, молодіжні простори — пов'язаності з громадою, а можливість обирати власну освітню, професійну та міграційну траєкторію — автономності. Оскільки базові психологічні потреби безпосередньо не вимірювали, ця інтерпретація залишається теоретичною і не є емпіричним підтвердженням механізмів, передбачених теорією самодетермінації.

Отже, тип населеного пункту, міграційні наміри та освітньо-професійні плани доцільно розглядати як контекстуальні чинники, асоційовані з наміром мати дітей у майбутньому. У статистичному розумінні вони є предикторами відповіді в багатозмінній моделі, але результати не дають підстав називати їх причинними детермінантами мотивації. Низьке значення псевдо- R^2 Мак-Фаддена (0,048) додатково вказує на обмежену пояснювальну здатність моделі, тому виявлені асоціації не слід використовувати як самостійну основу для прогнозування намірів або обґрунтування програм демографічного розвитку. Практичне значення результатів полягає насамперед у визначенні напрямів для подальшого дослідження умов, у яких молоді люди планують освіту, роботу, місце проживання та майбутню сім'ю.

Дослідження має низку обмежень. Заявлені підлітками наміри можуть змінюватися з віком і не є еквівалентом подальшої репродуктивної поведінки. Дані отримано шляхом самооцінки, а авторська анкета не містила валідованої шкали мотивації до батьківства, а лише окреме питання щодо бажання мати дітей у майбутньому. Поперечний дизайн не дозволяє встановити часову послідовність або причин-

ний характер виявлених зв'язків. Результати характеризують регіональний контекст Чернівецької області та потребують перевірки в інших регіонах. З огляду на поперечний дизайн і низьку пояснювальну здатність регресійної моделі практичні підходи, сформовані з урахуванням виявлених асоціацій, потребують окремого проспективного оцінювання. Застосований підхід може бути використаний для уточнення інструментарію майбутнього загальноукраїнського дослідження намірів підлітків щодо майбутнього батьківства.

Подальші дослідження доцільно проводити в інших регіонах із поздовжнім дизайном, імовірнісним формуванням вибірки та валідованими інструментами для вимірювання репродуктивних намірів, мотивації, базових психологічних потреб і сприйнятої невизначеності. Перспективним є також детальне вивчення поведінкових і мотиваційних профілів тих, хто ще не визначився щодо майбутнього батьківства, у порівнянні з тими, хто впевнений у своєму виборі, оскільки ці групи потенційно відображають різні життєві позиції та можуть потребувати різних підходів у громадському здоров'ї.

ВИСНОВКИ

1. Позитивний намір щодо майбутнього батьківства зазначили 73,3% підлітків Чернівецької області (95% ДІ 71,6–75,0); серед тих, хто визначив бажану кількість дітей, 64,9% обрали двох дітей.

2. Найвиразніше з позитивною відповіддю був асоційований намір залишитися в регіоні (сВІШ = 2,30; 95% ДІ 1,78–2,99). Порівняно з мешканцями сіл нижчі шанси відповіді «так» мали мешканці міст (сВІШ = 0,50; 95% ДІ 0,41–0,62) і селищ (сВІШ = 0,56; 95% ДІ 0,40–0,80), тоді як стать незалежної асоціації не продемонструвала (сВІШ = 0,97; 95% ДІ 0,80–1,18). Виявлені зв'язки не є доказом причинних ефектів.

3. Невизначеність щодо подальшого місця проживання була поширеною: 46,7% підлітків ще не визначилися, а серед тих, хто не планував залишатися в регіоні або не мав сформованого плану, 53,2% обрали проживання за кордоном.

4. Найчастіші запити до громад стосувалися активного відпочинку й дозвілля (30,4%), професійної освіти (21,0%) та підтримки молодіжних ініціатив і стартапів (19,3%). Ці дані характеризують пріоритети опитаних і можуть бути враховані під час формування гіпотез та пла-

нування подальших регіональних досліджень, але самі по собі не є достатньою підставою для обґрунтування програм демографічного розвитку.

5. Намір щодо майбутнього батьківства у підлітків Чернівецької області пов'язаний із ширшим контекстом їхніх життєвих, міграційних та освітньо-професійних планів. Отримані результати підкреслюють доцільність територіально чутливого підходу у громадському здоров'ї, спрямованого на створення умов, у яких молоді люди можуть планувати освіту, професійну реалізацію, місце проживання та майбутню сім'ю. Виявлені зв'язки потребують подальшої перевірки в інших регіонах і у подовжніх дослідженнях.

REFERENCES

1. World Health Organization. Regional Office for Europe. WHO's response to health emergencies in Ukraine: annual report 2024. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2025. 26 p. Available from: <https://www.who.int/europe/publications/item/WHO-EURO-2025-12500-52274-80390>
2. Sukhov YuO. Morbidity and mortality during wars and armed conflicts: trends and patterns. *Infusion & Chemotherapy*. 2022;5(4):14–19. doi: <https://doi.org/10.32902/2663-0338-2022-4-14-19>
3. Puhachova MV. The Russian-Ukrainian War: the possibility of assessment of demographic losses. *Statistics of Ukraine*. 2024;105(1):61–68. doi: [https://doi.org/10.31767/su.1\(104\)2024.01.06](https://doi.org/10.31767/su.1(104)2024.01.06)
4. Gladun O, Kurylo I, Shushpanov D, Aksyonova S, Pozniak O. Kontseptualni zasady doslidzhennia demografichnoi stiiakosti ukrainskoho suspilstva [Conceptual principles for researching the demographic resilience of Ukrainian society]. *Demography and Social Economy*. 2024;58(4):45–64. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15407/dse2024.04.045>
5. International Organization for Migration. Ukraine — human impact of the war in Ukraine — May 2025 [Internet]. 2025 May 28 [cited 2026 Aug 30]. Available from: <https://dtm.iom.int/reports/ukraine-human-impact-war-ukraine-may-2025>
6. Yelizarova OT, Hozak SV, Polka NS, Parats AM, Stankevych TV. Profilaktyka khronichnykh neinfektsiinykh zakhvoriuvan v umovakh pandemii COVID-19 [Prevention of non-communicable diseases under the COVID-19 pandemic]. *Environment & Health*. 2021;2(99):4–14. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2021.02.004>
7. Lindstrom Johnson SR, Blum RW, Cheng TL. Future orientation: a construct with implications for adolescent health and wellbeing. *Int J Adolesc Med Health*. 2014;26(4):459–68. doi: <https://doi.org/10.1515/ijamh-2013-0333>
8. Seginer R. Adolescent future orientation: does culture matter? *Online Readings in Psychology and Culture*. 2019;6(1). doi: <https://doi.org/10.9707/2307-0919.1056>
9. Hashemzadeh M, Shariati M, Mohammad Nazari A, Keramat A. Childbearing intention and its associated factors: a systematic review. *Nurs Open*. 2021;8(5):2354–68. doi: <https://doi.org/10.1002/nop2.849>
10. Tartakovsky E, Mizrahi M. What do we need kids for? Childbearing motivations, personal values, and socio-demographic differences. *Front Psychol*. 2025;16:1612384. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1612384>
11. Vučenović D, Petrović M, Jelić K. Motherhood in the making: key determinants of parenthood motivation in young adult women. *Psychology International*. 2024;6(4):917–36. doi: <https://doi.org/10.3390/psycholint6040059>
12. Boivin J, Buntin L, Kalebic N, Harrison C. What makes people ready to conceive? Findings from the International Fertility Decision-Making Study. *Reprod Biomed Soc Online*. 2018;6:90–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rbms.2018.10.012>
13. Nachoum R, Moed A, Madjar N, Kanat-Maymon Y. Parents' childbearing motivations, parenting, and child adjustment: from pregnancy to 20-months postpartum. *J Marriage Fam*. 2023;85(4):898–922. doi: <https://doi.org/10.1111/jomf.12917>
14. Ren Y, Cheng X, Niu C, Yang F, Zheng Y. Fertility intention of young people of childbearing age in China after the implementation of the two-child policy — a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*. 2024;24:3518. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20956-1>
15. Deci EL, Ryan RM. The «what» and «why» of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychol Inq*. 2000;11(4):227–68. doi: https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
16. Comolli CL. Social climate, uncertainty and fertility intentions: from the Great Recession to the COVID-19 crisis. *Eur J Popul*. 2023;39(1):35. doi: <https://doi.org/10.1007/s10680-023-09684-1>
17. Tymchyk OV, Savchenko VM, Kovalenko OO, Ste-shenko AO. Analiz rivnia psykhichnoho zdorovia ukrainskoi molodi vikom 17–24 roky v umovakh voiennoho stanu [Analysis of the mental health of Ukrainian youth aged 17–24 in the context of martial law]. *Ukraine. Nation's Health*. 2026;1(1):86–99. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32782/2077-6594/2026.1/10>
18. Perelli-Harris B, Gerber T, Hilevych Y. Uncertainty and fertility in Ukraine on the eve of Russia's full-scale invasion: the impact of armed conflict and economic crisis. *Eur J Popul*. 2024;40(1):28. doi: <https://doi.org/10.1007/s10680-024-09713-7>
19. Antomonov MYu. Matematychnе obroblyennia ta analiz medyko-biologichnykh danykh [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. 3rd ed. Kyiv; 2026. 450 p. Ukrainian.

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в рамках НДР «Визначення вразливості груп населення до впливу несприятливих соціальних чинників

FUNDING

The study was conducted within the framework of the research project «Assessment of the Vulnerability of Population Groups

внаслідок воєнних дій в Україні» № держреєстрації 0123U104679 та НДР «Розробка концепції культури здоров'я у контексті подолання демографічної кризи у післявоєнний час» № держреєстрації 0125U003189.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки рукопису використовували ChatGPT (OpenAI, GPT-5.5 Thinking) як допоміжний інструмент для технічного форматування рукопису та мовного редагування тексту. Наукова ідея, дизайн дослідження, первинні дані, статистичний аналіз, інтерпретація результатів та остаточні висновки належать авторам. Автори несуть повну відповідальність за достовірність, оригінальність, наукову обґрунтованість результатів та за зміст статті.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ШКРОБАНЕЦЬ Ігор: концептуалізація, нагляд, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2778-2463>

ГОПКО Наталія: дослідження, ресурси, курація даних.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6612-2620>

ГОЗАК Світлана: адміністрування проєкту, 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: school_health@meta.ua

to Adverse Social Factors Resulting from the War in Ukraine», State Registration No. 0123U104679, and the research project «Development of the Concept of a Culture of Health in the Context of Overcoming the Demographic Crisis in the Post-War Period», State Registration No. 0125U003189.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

During the preparation of the manuscript, ChatGPT (OpenAI, GPT-5.5 Thinking) was used as an auxiliary tool for technical formatting of the manuscript and language editing of the text. The scientific concept, study design, primary data, statistical analysis, interpretation of the results, and final conclusions are the authors' own work. The authors assume full responsibility for the accuracy, originality, and scientific validity of the results and for the content of the article.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

SHKROBANETS Ihor: conceptualization; supervision; writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2778-2463>

HOPKO Nataliya: investigation; resources; data curation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6612-2620>

HOZAK Svitlana: project administration; supervision; writing — review & 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: investigation; writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3998-3748>

E-mail: school_health@meta.ua

Отримано: 22.06.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

Received: 22.06.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



BURNOUT RISK AMONG ANESTHESIOLOGISTS AND INTENSIVE CARE PHYSICIANS IN UKRAINE UNDER WARTIME CONDITIONS

Zavgorodnii I.¹,
Litovchenko O.²,
Stukalkina D.²,
Sushchenko E.²,
Shenher A.²,
Kapustnyk V.²,
Thielmann B.³,
Boeckelmann I.³

¹ Private Establishment
of Higher Education
«University of Medicine
and Social Sciences»,
Kharkiv, Ukraine

² Kharkiv National Medical
University,
Kharkiv, Ukraine

³ Department of Occupational
Medicine, Medical Faculty,
Otto-von-Guericke University
Magdeburg, Magdeburg,
Germany

- Mental health of anesthesiologists and intensive care physicians remains an important public health concern as this professional group is particularly susceptible to burnout due to the extreme emotional demands.
- **THE OBJECTIVE** of this study was to assess the impact of wartime working conditions on the risk of occupational burnout syndrome among anesthesiologists and intensive care physicians in Ukraine in 2023 compared to the pre-war period in 2021.
- **MATERIALS AND METHODS.** A total of 115 physicians from Kharkiv participated in a voluntary, anonymous paper-based survey. Seventy-three participated in 2021 during the pandemic, and 42 participated in 2023 during active hostilities. Burnout risk was assessed using the Maslach Burnout Inventory — General Survey (MBI-GS), which encompasses three dimensions: Emotional Exhaustion (EE), Cynicism (CY), and Professional Efficacy (PE). Burnout risk was classified according to Kalimo et al. (2003). The Mann-Whitney U test ($p \leq 0.05$) was used to test for statistical significance between cohorts.
- **RESULTS.** The percentage of physicians experiencing high levels of emotional exhaustion increased from 21.9% in 2021 to 28.6% in 2023. The proportion reporting high cynicism rose from 39.7% to 47.6%. In contrast, the proportion of physicians reporting high reduction in professional efficacy decreased significantly, dropping from 49.3% in 2021 to 16.7% in 2023 ($p \leq 0.002$). The overall burnout risk (Kalimo classification) increased from 2.7% in 2021 to 4.8% in 2023 ($p = 0.060$).
- **CONCLUSIONS.** Wartime conditions have been linked with increased emotional exhaustion and cynicism among anesthesiologists in Ukraine. Paradoxically, their perceived professional efficacy has improved, likely reflecting heightened professional motivation, collective solidarity, and adaptive resilience in response to wartime stress. The findings underscore the urgent need for systematic psychological support programs for this vulnerable professional group.
- **KEYWORDS:** *burnout syndrome; occupational stress; anesthesiologists; wartime; MBI-GS; professional efficacy.*

РИЗИК ВИГОРАННЯ СЕРЕД АНЕСТЕЗІОЛОГІВ ТА ЛІКАРІВ ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ

Завгородній І.¹,
Літовченко О.²,
Стукалкіна Д.²,
Сущенко Е.²,
Шенгер А.²,
Капустник В.²,
Тілманн Б.³,
Беккельманн І.³

¹ Приватний заклад
вищої освіти
«Університет медицини
та соціальних наук»,
м. Харків, Україна;

² Харківський національний
медичний університет,
м. Харків, Україна;

³ Кафедра медицини праці,
медичний факультет,
Університет Отто фон Геріке,
м. Магдебург, Німеччина

- Психічне здоров'я анестезіологів та лікарів інтенсивної терапії залишається важливою проблемою громадського здоров'я, оскільки ця професійна група є особливо схильною до вигорання через надзвичайно високі емоційні навантаження.
- **МЕТОЮ** цього дослідження була оцінка впливу умов праці воєнного часу на ризик синдрому професійного вигорання серед анестезіологів та лікарів інтенсивної терапії в Україні у 2023 році у порівнянні з довоєнним періодом 2021 року.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** У добровільному анонімному паперовому опитуванні взяли участь 115 лікарів з Харкова. Із них 73 брали участь у 2021 році в період пандемії, а 42 — у 2023 році в період активних бойових дій. Ризик вигорання оцінювався за допомогою опитувальника Maslach Burnout Inventory — General Survey (MBI-GS), який охоплює три виміри: емоційне виснаження, цинізм та професійна ефективність. Рівень ризику вигорання класифікувався відповідно до критеріїв Kalimo et al. (2003). Для визначення статистичної значущості між когортами використовувався критерій Манна-Уїтні ($p \leq 0,05$).
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Частка лікарів із високим рівнем емоційного виснаження зросла з 21,9% у 2021 році до 28,6% у 2023 році. Частка респондентів із високим рівнем цинізму збільшилась із 39,7% до 47,6%. Натомість частка лікарів із високим зниженням професійної ефективності суттєво зменшилась — з 49,3% у 2021 році до 16,7% у 2023 році ($p \leq 0,002$). Загальний ризик вигорання (класифікація за Kalimo) зріс із 2,7% у 2021 році до 4,8% у 2023 році ($p = 0,060$).
- **ВИСНОВКИ.** Умови воєнного часу пов'язані із зростанням емоційного виснаження та цинізму серед анестезіологів в Україні. Парадоксально, але суб'єктивна оцінка їхньої професійної ефективності покращилась, що, найімовірніше, відображає підвищену професійну мотивацію, колективну солідарність та адаптивну стійкість у відповідь на стрес воєнного часу. Отримані результати підкреслюють нагальну необхідність запровадження систематичних програм психологічної підтримки для цієї вразливої професійної групи.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *синдром вигорання; професійний стрес; анестезіологи; воєнний стан; MBI-GS; професійна ефективність.*

© Zavgorodnii I., Litovchenko O., Stukalkina D., Sushchenko E., Shenher A., Kapustnyk V., Thielmann B., Boeckelmann I., 2026

© Завгородній І., Літовченко О., Стукалкіна Д., Сущенко Е., Шенгер А., Капустник В., Тілманн Б., Беккельманн І., 2026

INTRODUCTION

Mental health disorders, including burnout syndrome, are among the most prevalent occupational health problems affecting healthcare professionals worldwide [1, 2]. Anesthesiologists and intensive care physicians are particularly vulnerable to burnout due to the nature of their work, which includes continuous exposure to life-threatening emergencies, a high cognitive load, and the immense responsibility for patient outcomes [3, 4]. International studies report burnout prevalence rates ranging from 2.7% to 67% among this professional group [5–7].

Burnout is a work-related syndrome resulting from prolonged exposure to occupational stress. It is typically characterized by emotional exhaustion, emotional distancing or depersonalization, and a reduced sense of professional efficacy [8], particularly in professions involving intensive interpersonal interactions. Emerging evidence suggests that physician burnout is closely associated with depression, anxiety, and suicidal ideation, reflecting the substantial psychological burden of chronic occupational stress [9]. Given these potentially severe consequences for both healthcare professionals and patient care, the identification of factors contributing to burnout is of particular importance, especially in settings characterized by extraordinary stressors such as pandemics or armed conflicts. Such environments may exacerbate existing occupational demands through prolonged uncertainty, increased workload, resource limitations, disrupted work-life balance, and continuous exposure to critically ill or injured patients [9]. Furthermore, healthcare professionals working in crisis settings frequently encounter moral and ethical challenges that may contribute to psychological distress and burnout [10]. Continuous exposure to war-related threats and traumatic events has also been shown to negatively affect professional quality of life and increase the risk of burnout among healthcare workers [11].

During the COVID-19 pandemic, healthcare workers around the world experienced extraordinary physical and psychological burdens, resulting in a significant decline in mental health indicators [4]. Ukraine, which was already heavily affected by the pandemic, faced an additional and unprecedented challenge when Russian military invaded the country on a large scale in February 2022. Kharkiv, a city located near the front line, became one of the most severely affected regions. Physicians continued to work under conditions of constant artillery fire, personnel shortages, and

prolonged working hours regulated under martial law. In their scoping review, Jarrassier et al. identified the many challenges that anesthesiologists and intensive care physicians have faced during the war in Ukraine. These include shortages of resources, mass casualty situations, long working hours and repeated exposure to severely injured patients [12].

While the international literature on disaster medicine and crisis response increasingly recognizes the psychological toll on medical personnel, studies specifically addressing burnout specifically among Ukrainian anesthesiologists under wartime conditions are scarce. The first assessment of this cohort, conducted in March 2021 during the COVID-19 pandemic, revealed that 74% of respondents exhibited some burnout symptoms and 2.7% met the criteria for high burnout risk [4].

There is no longitudinal data comparing burnout before and during the war. The aim of this study was to assess the burnout risk among anesthesiologists and intensive care physicians in Kharkiv, Ukraine during active wartime in 2023, and to compare these findings with baseline data from 2021 obtained during the COVID-19 pandemic. Kharkiv is the second-largest city in Ukraine and represents a unique setting because of its proximity to the frontline and its continuous exposure to military attacks throughout the study period. We hypothesized that levels of burnout would be significantly higher in 2023 than in the 2021 assessment conducted during the pandemic.

At the time of the 2023 survey, working conditions in Kharkiv had significantly deteriorated due to the city and surrounding region being under heavy shelling. According to Ukrainian martial law (Law No. 2136-IX of 15 March 2022), weekly working hours could be extended up to 60 hours.

The objective of this study was to assess the impact of wartime working conditions on the risk of occupational burnout syndrome among anesthesiologists and intensive care physicians in Ukraine in 2023 compared to the pre-war period in 2021.

MATERIALS AND METHODS

This cross-sectional study included 115 anesthesiologists and intensive care physicians from Kharkiv, Ukraine. Of these, 73 were surveyed in March 2021 during the COVID-19 pandemic and 42 were surveyed in 2023 during active hostilities. The 2021 and 2023 samples are independent, with different respondents participating in each survey. All participants were actively working in anesthesiology and intensive care during their re-

spective survey periods. The age of respondents ranged from 23 to 78 years in 2021 and from 23 to 80 years in 2023. Participation was voluntary and anonymous, and the surveys were administered in a paper-based format. It should be noted that, in Ukraine, anesthesiologists are specialists in both anesthesiology and intensive care medicine. The study was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics and Ethics Committee of Kharkiv National Medical University (Protocol No. 1, September 20, 2022). Informed consent was obtained from all participants.

Instrument. Burnout risk was assessed using the Maslach Burnout Inventory — General Survey (MBI-GS) [8, 13], a 16-item, validated questionnaire that measures burnout across three dimensions:

- 1) Emotional Exhaustion (EE),
- 2) Cynicism / Depersonalisation (CY),
- 3) Professional Efficacy (PE).

The severity thresholds for each MBI-GS dimension are presented in Table 1.

Table 1. MBI-GS dimension severity thresholds

Burnout Dimension	Low	Moderate	High
Emotional Exhaustion (EE)	≤ 2.00	2.01–3.19	≥ 3.20
Cynicism (CY)	≤ 1.00	1.01–2.19	≥ 2.20
Professional Efficacy (PE)	≤ 4.00	4.01–4.99	≥ 5.00

Note: For PE, a high score reflects preserved professional efficacy, while a low score indicates reduction.

Overall burnout risk was classified according to Kalimo et al. (2003) [14], based on the MBI-GS total score (Table 2).

Table 2. Burnout risk classification according to Kalimo et al. (2003)

Total Score	Classification	Symptom Frequency
0–1.49	No burnout	A few times a year
1.5–3.49	Some burnout symptoms	A few times a month
3.5–6.00	Burnout risk	Several times a week or daily

Statistical analysis. Data were analysed using SPSS Statistics (version 26.0, IBM, New York, USA). Descriptive statistics were calculated for all variables. Differences between the 2021 and 2023 cohorts were assessed using the Mann–Whitney

U test, since the samples were different. A significance level of $p \leq 0.05$ was applied.

RESULTS AND DISCUSSION

The mean age of the participants was 39.5 ± 1.29 years. According to calculations, physicians' average actual monthly workload amounted to 206.5 hours in 2021 and 204.9 hours in 2023. This exceeded the standard working time balance of 166.8 hours per month, which is equivalent to 38.5 hours per week for a full-time anesthesiologist (intensivist) in Ukraine.

Table 3 shows the mean differences in the burnout dimensions between the 2021 and 2023 samples. Analysis of the burnout dimensions across the two samples revealed significant differences in professional efficacy ($p = 0.001$).

Table 3. Severity of burnout dimensions

MBI	2021 (n = 73)	2023 (n = 42)	<i>p</i> _{Mann-Whitney}
	MW ± SD [Points] Median (Min–Max) [95% CI]		
Emotional Exhaustion	2,19 ± 1,42 2,0 (0,0–5,8) [1,86–2,53]	2,34 ± 1,44 2,2 (0,0–5,0) [1,92–2,80]	0,589
Cynicism	1,81 ± 1,24 2,0 (0,0–6,0) [1,56–2,12]	1,87 ± 1,28 1,8 (0,0–4,6) [1,5–2,27]	0,784
Professional Efficacy	3,71 ± 1,91 4,1 (0,16–6,0) [3,29–4,15]	5,05 ± 1,17 5,5 (1,0–6,0) [4,67–5,37]	0,001*
MBI-Total Score	2,10 ± 0,88 2,3 (0,18–4,12) [1,91–2,31]	1,78 ± 1,02 1,7 (0,0–3,68) [1,48–2,10]	0,100

Notes: * $p \leq 0.01$.

The distribution of MBI-GS dimension severity levels for the 2021 and 2023 cohorts is presented in Fig. 1.

Emotional Exhaustion. The proportion of physicians experiencing high levels of emotional exhaustion increased from 21.9% in 2021 to 28.6% in 2023. The proportion of people experiencing moderate emotional exhaustion was 26.0% in 2021, falling to 23.8% in 2023.

Cynicism. High levels of cynicism were observed in 39.7% of respondents in 2021, increasing to 47.6% in 2023. The proportion with moderate cynicism was 26.0% in 2021 and 16.7% in 2023.

Professional Efficacy. In 2021, a high degree of reduced professional efficacy (low PE scores) was reported by 49.3% of physicians. This proportion

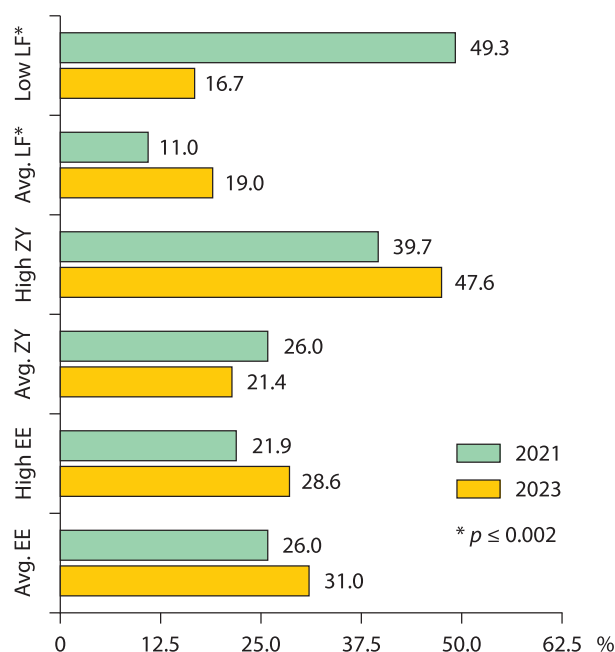


Fig. 1. MBI-GS Results: Distribution of burnout dimension severity among anesthesiologists and intensive care physicians in Ukraine, 2021 and 2023. EE = Emotional Exhaustion; CY = Cynicism / Depersonalisation; PE = Professional Efficacy

decreased markedly to 16.7% in 2023, a difference that was statistically significant ($p \leq 0.002$). The proportion of physicians with high professional efficacy scores (≥ 5.00) increased from 39.7% in 2021 to 61.9% in 2023.

Overall burnout risk (Kalimo classification). Analysis of the total burnout score across the two samples showed no significant differences ($p = 0.100$). The values fell within the «some burnout symptoms» range (Table 3).

The proportion of physicians classified as being at risk of burnout (with a total score of at least 3.5) was 2.7% in 2021 and 4.8% in 2023 ($p = 0.060$). The majority of participants in both cohorts fell into the "some burnout symptoms" category: 74.0% in 2021 and 69.0% in 2023 (Fig. 2).

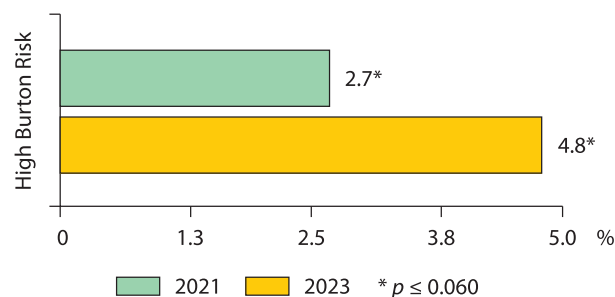


Fig. 2. Burnout risk according to Kalimo et al. (2003) among anesthesiologists and intensive care physicians in Ukraine, 2021 and 2023

This study examined the risk of burnout among anesthesiologists and intensive care physicians in Kharkiv, Ukraine, during active wartime conditions, and compared the findings with data collected during the 2021 wave of the COVID-19 pandemic. The results partly confirmed our hypothesis that levels of burnout would be significantly higher in 2023 than in the assessment conducted in 2021 during the COVID-19 pandemic. Although emotional exhaustion and cynicism increased during the war, indicating a growing psychological burden, the overall risk of burnout did not increase significantly. Furthermore, perceived professional efficacy improved considerably.

The results of the present study demonstrate that wartime conditions in Ukraine are associated with an overall deterioration in the key burnout indicators among anesthesiologists and intensive care physicians. The observed increase in emotional exhaustion and cynicism is consistent with previous research conducted among healthcare professionals working in wartime and crisis conditions. For instance, Loskutov et al. reported a high prevalence of burnout symptoms among Ukrainian anesthesiologists during the ongoing war, emphasizing emotional exhaustion as a significant issue [15].

Emotional exhaustion and cynicism are considered the core dimensions of burnout, being sensitive indicators of psychological distress in healthcare workers [3, 15]. The increase observed in our 2023 cohort is also consistent with findings from studies conducted in disaster-affected settings and among military medical personnel, as sustained exposure to crisis conditions has been found to be significantly associated with increased emotional exhaustion [12, 16].

One of the structural factors that contributes to psychological stress during wartime is an increase of working hours. Under Ukrainian martial law (Law No. 2136-IX of 15 March 2022), the maximum weekly working hours are 60. Consistent international evidence consistently shows that working more than 40 hours per week is a reliable risk factor for burnout among medical personnel [11, 12]. The results of our survey show that the average actual number of working hours per month was 206.5 hours in 2021 and 204.9 hours in 2023, which exceeds the standard workweek of 38.5 hours for a full-time anesthesiologist (resuscitator) in Ukraine.

The most striking finding of this study is the paradoxical improvement in perceived professional efficacy between 2021 and 2023, despite an

increase in emotional exhaustion and cynicism being observed during this period. The proportion of physicians reporting high professional efficacy increased from 39.7% to 61.9%, while the proportion reporting reduced efficacy fell from 49.3% to 16.7% ($p \leq 0.002$).

These results suggest an intricate pattern in which mounting occupational strain coexists with adaptive psychological mechanisms that could temporarily shield against the onset of complete burnout. These findings suggest a complex pattern in which an increased level of occupational strain coexists with adaptive resilience processes and a sense of professional purpose that remains intact. This combination has the potential to mitigate the progression to full burnout, even when an individual is exposed to severe stressors on an ongoing basis [11, 17].

Wartime conditions may intensify the existential significance of medical work. The direct dependence of wounded soldiers' and civilians' lives on the physicians' professional performance of physicians creates a powerful intrinsic motivator. Research in crisis psychology suggests that a sense of social significance can offset emotional exhaustion and preserve subjective professional competence [11].

Second, collective solidarity and professional identity may serve as protective resources. In the face of a shared threat, anesthesiologists may experience increased team cohesion, which reinforces professional role identification and adaptive coping. Studies confirm that high team cohesion among healthcare professionals in crisis settings contributes to preserving professional identity and a sense of meaningful contribution [18]. For Ukrainian physicians, this effect is likely amplified by their awareness of being part of the national defense effort.

Prolonged exposure to stress can lead to the development of adaptive resilience, which can mitigate the negative effects of stress on subjective performance. According to the international literature, strategies such as peer support, access to psychological services, and intrinsic motivation are key factors to maintaining self-perception of performance during crises [19].

The relatively low overall burnout prevalence of 4.8% in 2023, compared to the increase expected from rising exhaustion and cynicism, can also be attributed to these adaptive psychological mechanisms. This pattern of «paradoxical functioning» under extreme conditions has been described in previous studies of crisis medicine and

is common among highly motivated professional groups [12].

Despite this resilience, the trends are concerning. If sustained, the progressive increase in emotional exhaustion and cynicism poses a risk of cumulative deterioration that may eventually overwhelm adaptive capacity. Jarrassier et al. (2024) emphasize the importance of timely psychological support and workload optimization to prevent long-term health consequences in anesthesia services in conflict settings [12]. Similarly, the American Society of Anesthesiologists similarly emphasizes that professional burnout should be addressed as a complex challenge requiring both individual psychological interventions and systematic review of organizational working conditions [20].

CONCLUSIONS

Wartime conditions in Ukraine are associated with increased emotional exhaustion and cynicism among anesthesiologists and intensive care physicians. However, perceived professional efficacy has paradoxically improved. This finding may be explained by heightened intrinsic motivation, collective solidarity, and adaptive resilience under extreme conditions.

The overall burnout risk is relatively low but rising. These findings highlight the urgent need to develop and implement comprehensive mental health support programs for this professional group. These programs should include behavioral (individual psychological interventions) and structural (organizational) prevention strategies.

Further research is needed to monitor burnout trajectories and identify the most relevant risk and protective factors for wartime medical practice in Ukraine. This research should include larger samples and a longitudinal design.

REFERENCES

1. Sun H, Warner DO, Macario A, Zhou Y, Culley DJ, Keegan MT. Repeated cross-sectional surveys of burnout, distress, and depression among anesthesiology residents and first-year graduates. *Anesthesiology*. 2019;131(3):668–77.
doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002777>
2. Vargas M, Spinelli G, Buonanno P, Iacovazzo C, Servillo G, De Simone S. Burnout among anesthesiologists and intensive care physicians: results from an Italian national survey. *Inquiry*. 2020;57:46958020919263.
doi: <https://doi.org/10.1177/0046958020919263>
3. Li H, Zuo M, Gelb AW, Zhang B, Zhao X, Yao D, et al. Chinese anesthesiologists have high burnout and low job satisfaction: a cross-sectional survey. *Anesth Analg*. 2018;126(3):1004–12.
doi: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002776>

4. Böckelmann I, Zavgorodnii I, Litovchenko O, Kapustnyk V, Thielmann B. Berufliche Gratifikationskrisen, Verausgabungsneigung und Burnout bei ukrainischen Anästhesisten und Intensivmedizinern während der SARS-CoV-2-Pandemie [Professional gratification crisis, overcommitment, and burnout among Ukrainian anesthesiologists and intensive care physicians during the SARS-CoV-2 pandemic]. *Zentralbl Arbeitsmed Arbeitsschutz Ergon.* 2023;73(2):64–74. German.
doi: <https://doi.org/10.1007/s40664-022-00492-8>
5. Afonso AM, Cadwell JB, Staffa SJ, Zurakowski D, Vinson AE. Burnout rate and risk factors among anesthesiologists in the United States. *Anesthesiology.* 2021;134(5):683–96.
doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003722>
6. Eslava-Schmalbach J, Garzón-Orjuela N, Martínez NT, Gonzalez-Gordon L, Rosero E, Gómez-Restrepo C. Prevalence and factors associated with burnout syndrome in Colombian anesthesiologists. *Int J Prev Med.* 2020;11:5.
doi: https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_150_18
7. Chong MYF, Lin SHX, Lim WY, Ong J, Kam PCA, Ong SGK. Burnout in anaesthesiology residents: a systematic review of its prevalence and stressors. *Eur J Anaesthesiol.* 2022;39(4):368–77.
doi: <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001585>
8. Maslach C, Jackson SE. The measurement of experienced burnout. *J Organ Behav.* 1981;2(2):99–113.
doi: <https://doi.org/10.1002/job.4030020205>
9. Ryan E, Hore K, Power J, Jackson T. The relationship between physician burnout and depression, anxiety, suicidality and substance abuse: a mixed methods systematic review. *Front Public Health.* 2023; 11:133484.
doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1133484>
10. Čartolovni A, Stolt M, Scott PA, Suhonen R. Moral injury in healthcare professionals: a scoping review and discussion. *Nurs Ethics.* 2021;28(5):590–602.
doi: <https://doi.org/10.1177/0969733020966776>
11. Zasiakina L, Martyniuk A. War-related continuous traumatic stress as a potential mediator of associations between moral distress and professional quality of life in nurses: a cross-sectional study in Ukraine. *BMC Nurs.* 2025;24(1):16.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12912-024-02668-4>
12. Jarrassier A, Py N, de Rocquigny G, Raux M, La-socki S, Dubost C, et al. Lessons learned from the war in Ukraine for the anesthesiologist and intensivist: a scoping review. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2024;43(5):101409.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2024.101409>
13. Schaufeli WB, Leiter MP, Maslach C, Jackson SE. Maslach Burnout Inventory–General Survey. In: Maslach C, Jackson SE, Leiter MP, editors. *Maslach Burnout Inventory manual.* 3rd ed. Palo Alto (CA): Consulting Psychologists Press; 1996. p. 19–26.
14. Kalimo R, Pahkin K, Mutanen P, Toppinen-Tanner S. Staying well or burning out at work: work characteristics and personal resources as long-term predictors. *Work Stress.* 2003;17(2):109–22.
doi: <https://doi.org/10.1080/0267837031000149919>
15. Loskutov O, Markov Y, Maruniak S, Strokan A. Prevalence of professional burnout among anesthesiologists during the war in Ukraine: an observational study. *Anesth Analg.* 2024;139(6):e69–e70.
doi: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000007252>
16. Kang H, Fischer IC, Esterlis I, Kolysheva A, Ponomarenko L, Chobanian A, et al. Helping the helpers: mental health challenges of psychosocial support workers during the Russian-Ukrainian War. *Disaster Med Public Health Prep.* 2024;18:e95.
doi: <https://doi.org/10.1017/dmp.2024.68>
17. Southwick SM, Bonanno GA, Masten AS, Panter-Brick C, Yehuda R. Resilience definitions, theory, and challenges: interdisciplinary perspectives. *Eur J Psychotraumatol.* 2014;5:25338.
doi: <https://doi.org/10.3402/ejpt.v5.25338>
18. Gili-Ortiz E, Franco-Fernández D, Loli-Aznarán O, Gili-Miner M. Prevalence of burnout syndrome in European and North American anesthesiologists: a systematic review and meta-analysis. *Rev Esp Anestesiol Reanim (Engl Ed).* 2025;72(2):501665.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.redare.2025.501665>
19. Hasan F, Daraghme T, Jaber M, Shawahna R. Prevalence of burnout syndrome among anesthesiologists, anesthesia technicians, and intensive care unit nurses in Palestinian hospitals: a cross-sectional study. *BMC Psychiatry.* 2024;24(1):740.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12888-024-06196-y>
20. American Society of Anesthesiologists. Statement on burnout [Internet]. Schaumburg (IL): American Society of Anesthesiologists; 2021 Oct 13 [cited 2026 May 30]. Available from: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-burnout>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи «Обґрунтування критеріїв передпатологічних станів професійного вигорання у працівників сфери охорони здоров'я» (державна реєстрація № 0121U110914), що фінансувалась за рахунок коштів державного замовлення Міністерства охорони здоров'я України.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У написанні цієї статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

FUNDING

This study was conducted within the framework of the research project «Substantiation of Criteria for Pre-Pathological States of Professional Burnout in Healthcare Workers» (state registration No. 0121U110914), funded through a state commission of the Ministry of Health of Ukraine.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ЗАВГОРОДНИЙ Ігор: концептуалізація; методологія; огляд і редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7803-3505>

e-mail: zavnikua@gmail.com

ЛИТОВЧЕНКО Олена: планування дослідження; формальний аналіз; написання — чорновий варіант; візуалізація.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-1705>

e-mail: latyshkaelena@gmail.com

СТУКАЛКІНА Діана: збір даних; написання тексту; підготовка рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8049-5925>

e-mail: distukalkina@gmail.com

СУЩЕНКО Еліна: збір первинного матеріалу, написання тексту.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6717-4728>

e-mail: evsushchenko.1m18@knmu.edu.ua

ШЕНГЕР Анастасія: збір первинного матеріалу, написання тексту.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5676-2464>

e-mail: asyashenri@gmail.com

КАПУСТНИК Валерій: формальний аналіз; обговорення; висновки.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4543-8343>

e-mail: va.kapustnyk@knmu.edu.ua

ТІЛМАНН Беатріс: аналіз та обговорення; написання тексту.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5192-4949>

e-mail: beatrice.thielmann@med.ovgu.de

БЕККЕЛЬМАНН Іріна: дизайн дослідження; аналіз; написання тексту.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3905-3527>

e-mail: irina.boeckelmann@med.ovgu.de

Отримано: 23.06.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

ZAVHORODNII Ihor: conceptualization; methodology; writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7803-3505>

e-mail: zavnikua@gmail.com

LITOVCHENKO Olena: methodology; formal analysis; writing — original draft; visualization.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-1705>

e-mail: latyshkaelena@gmail.com

STUKALKINA Diana: investigation; writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8049-5925>

e-mail: distukalkina@gmail.com

SUSHCHENKO Elina: investigation; writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6717-4728>

e-mail: evsushchenko.1m18@knmu.edu.ua

SHENGER Anastasiia: investigation; writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5676-2464>

e-mail: asyashenri@gmail.com

KAPUSTNYK Valerii: formal analysis; writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4543-8343>

e-mail: va.kapustnyk@knmu.edu.ua

TILMANN Beatrice: formal analysis; writing — original draft; writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5192-4949>

e-mail: beatrice.thielmann@med.ovgu.de

BEKKELMANN Irina: methodology; formal analysis; writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3905-3527>

e-mail: irina.boeckelmann@med.ovgu.de

Received: 23.06.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ДО АНТИБІОТИКІВ ЗБУДНИКІВ ІНФЕКЦІЙ, ВИДІЛЕНИХ ПРИ НАДАННІ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ, В УКРАЇНІ У 2023–2024 РОКАХ

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

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

² ДУ «Центр громадського
здоров'я Міністерства
охорони здоров'я України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА** дослідження — встановлення чутливості до антибіотиків збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Ідентифікація мікроорганізмів та чутливість до антимікробних препаратів була проведена за допомогою мікробіологічних аналізаторів VITEK 2 Compact та MALDI Biotyper Sirius.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Визначена чутливість до антибіотиків збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках. Серед досліджених полірезистентних культур, як і в 2023 році також домінували грамнегативні мікроорганізми — 87,7%, грампозитивні — 12,3%. Найчастіше виділялись штами бактерій *K. pneumoniae*, *A. baumannii* та *P. aeruginosa*. Штами *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* виявились нечутливими до більшості антимікробних препаратів. Аналіз результатів визначення чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів показав їх варіабільність та необхідність визначення антибіотикочутливості для кожного виділеного етіологічного збудника.
- **ВИСНОВКИ.** 1. Визначена чутливість до антибіотиків збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках. 2. Серед досліджених полірезистентних культур домінували грамнегативні мікроорганізми — 87,7%, грампозитивні — 12,3%. Найбільша кількість штамів бактерій *K. pneumoniae*, *A. baumannii* та *P. aeruginosa* були виділені з усіх видів біологічного матеріалу. 3. Штами *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* виявились нечутливими до більшості досліджуваних антимікробних препаратів. 4. Аналіз результатів визначення чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів показав, що для лікування захворювань викликаних у умовно-патогенними збудниками, доцільно було застосовувати: для *K. pneumoniae* — колістин; для *E. coli* — тайгециклін та колістин; для *P. aeruginosa* — колістин; для *A. baumannii* — колістин; для *S. aureus* — тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін, фузидову кислоту; для *E. faecium* — тігециклін та лінезолід; для *E. faecalis* — ампіцилін, тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін. 5. Отримані результати чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів показав їх варіабільність та необхідність визначення антибіотикограм для кожного виділеного етіологічного збудника.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** інфекції, пов'язані з наданням медичної допомоги, умовно-патогенні бактерії, біологічний матеріал, антибіотики.

ANALYSIS OF SENSITIVENESS TO ANTIBIOTICS OF THE INFECTIONS ASSOCIATED WITH THE PROVISION OF MEDICAL CARE, DISTINGUISHED IN UKRAINE IN 2023–2024

Surmasheva O.V.¹,
Glushkevich T.G.²,
Sboeva 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 SU «Center for Public
Health of the Ministry
of Health of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of work was to analyze the antibiotic sensitivity of pathogens of infections associated with the provision of medical care, which were isolated in Ukraine in 2023–2024.
- **MATERIALS AND METHODS.** Identification of microorganisms and sensitiveness to antimicrobial preparations was conducted by means of microbiological analyzers of VITEK 2 Compact and MALDI Biotyper Sirius.
- **RESULTS.** Certain sensitiveness to the antibiotics of causative agents of the of infections associated with the provision of medical care, that is distinguished in Ukraine in 2023 and in 2024. Among investigational cultures, as well as in 2023 gramnegative microorganisms prevailed also — 87,7%, grampositive — 12,3%. Mostly distinguished strains of bacteria of *K. pneumoniae*, *A. baumannii* and *P. aeruginosa*. Distinguished strains of *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* appeared insensitive to the most studied antimicrobial preparations. The analysis of results of determination of sensitiveness of the distinguished strains to antimicrobial preparations showed their variability and necessity of determination of antibiotics sensitiveness for each distinguished etiologic.
- **CONCLUSIONS.** 1. Certain sensitiveness to the antibiotics of causative agents of the infections of infections associated with the provision of medical care, that is distinguished in Ukraine in 2023 and in 2024. 2. Gramnegative microorganisms prevailed among investigational cultures — 87,7%, grampositive is a 12,3%. All of strains of bacteria of *K. pneumoniae*, *A. baumannii* and *P. aeruginosa* were abstracted from all types of biological material. 3. Distinguished strains of *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* appeared insensitive to the most studied antimicrobial preparations. 4. The results of determination of sensitiveness of the distinguished strains to antimicrobial preparations showed, that for treatment of diseases caused by conditionally — pathogenic causative agents, it was expedient to apply: for *K. pneumoniae* —

kolistin; for *E. coli* — taigeciklin, kolistin; for *P. aeruginosa* — kolistin, for *A. baumannii* — kolistin; for *S. aureus* — taigeciklin, linezolid, vankomicin, teikoplanin, fuzidovacid; for *E. faecium* — tigeciklin, linezolid; for *E. faecalis* — ampicilin, tigeciklin, linezolid, vankomicin, teikoplanin. 5. The got results of sensitiveness of the distinguished strains to antimicrobial preparations showed their variability and necessity of determination of antibiotic sensitivity for every distinguished etiologic causative agent.

■ **KEYWORDS:** infections associated with the provision of medical care, conditionally — pathogenic bacteria, biological material, antibiotics.

Підвищена стійкість бактеріальних збудників до протимікробних препаратів являє собою значну загрозу для охорони здоров'я, оскільки вона знижує ефективність антибіотиків та інших протимікробних препаратів, робить контроль за інфекціями складним або майже неможливим та наражає на небезпеку, підриваючи зусилля в лікуванні поширених інфекцій. В результаті спостерігається гостра проблема з обмеженням наявних у цей час терапевтичних можливостей, призводить до зростання захворюваності та смертності, збільшення тривалості лікування та вищих витрат на госпіталізацію, що ставить під сумнів ефективність сучасних медичних практик, які стануть дуже ризикованими через поширені інфекції.

Для боротьби з цією загрозою здоров'ю людини важливо мати розуміння причин, наслідків, а також потенційних стратегій контролю та профілактики за інфекційними патогенами. Виникнення стійкості до протимікробних препаратів є природним явищем, проте селекція стійкості до них зумовлена декількома факторами: надмірне та неправильне використання таких препаратів, обмежений доступ до якісних медичних та діагностичних послуг, недостатні заходи профілактики та контролю за гнійно-запальними інфекціями [1–3].

Згідно з результатами звіту ВООЗ (2025 р.), Україна у 2023 р. проаналізувала 1897 випадків бактеріальних інфекцій. При інфекціях системи кровообігу резистентність *E. coli* до цефалоспоринов третього покоління становила 48,5%, тоді як для *K. pneumoniae* цей показник досягав 57,9%. Особливо непокоїть надзвичайно високий рівень резистентності до карбапенемів *K. pneumoniae* — 87,5% (84,9–89,9), що є одним із найвищих показників серед країн-учасниць GLASS [4].

Особливої гостроти та актуальності набуває антимікробна резистентність у сучасних збройних конфліктах [4–7]. В Україні з 2014 по 2020 рік у військових шпиталях були зареєстровані вищі показники стійкості до протимікробних препаратів, ніж у цивільних лікарнях, що вка-

зує на проблеми, пов'язані з поширенням бактерій, стійких до антибіотиків, під час війни. Так, під час військових операцій США в Іраку та Афганістані реєстрували інфекційні ускладнення, викликані полірезистентними мікроорганізмами, а саме: комплексом *Acinetobacter baumannii-calcoaceticus*. Поле бою створює унікальні виклики для лікування бойових поранень. До них належать численні переміщення пацієнтів між закладами і медичними бригадами, обмежене забезпечення в зоні бойових дій, а також труднощі, що виникають під час аеромедичної евакуації на великі відстані, тим самим створюються умови для швидкого поширення госпітальних полірезистентних штамів мікроорганізмів [6].

Тому метою роботи був аналіз чутливості до антибіотиків збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Штами мікроорганізмів були виділені від пацієнтів, які перебували на лікуванні у стаціонарах, з різних біологічних матеріалів: кров, рани, ураження, спинномозкова рідина (СМР).

Ідентифікація мікроорганізмів та чутливості до антимікробних препаратів проводилась за допомогою мікробіологічного аналізатора VITEK 2, смужок MICTest та програмного забезпечення WHONET.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У 2024 році до ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України» для підтвердження та ідентифікації надійшло 1412 культур умовно-патогенних мікроорганізмів, ймовірних збудників, що спричиняють гнійно-запальні інфекції (2023 рік — 1471).

За видовим складом культури мікроорганізмів розподілялися наступним чином: *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) — 34,4% (2023р. — 35,2%), *Acinetobacter baumannii* (*A. baumannii*) — 28,0% (2023 р. — 26,0%), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) — 18,1% (2023 р. — 19,9%), *Escherichia coli* (*E. coli*) — 3,8% (2023 р. — 5,3%), *Sta-*

phyllococcus aureus (*S. aureus*) — 9,0% (2023 р. — 4,5%), *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) — 0,9% (2023 р. — 0,6%), *Enterococcus faecium* (*E. faecium*) — 1,3% (2023 р. — 0,6%), інші — 4,5% (2023 р. — 1,8%). Це свідчить про стійку тенденцію циркуляції патогенний штамів в клінічних закладах України впродовж 2023–2024 років. Для визначення чутливості до антибіотиків виділених збудників з різного біологічного матеріалу використовували тест-системи з набором різного спектру антибіотиків для кожного виду бактерій (табл. 1–7).

Штами *K. pneumoniae* (*n* = 486), надіслані в 2024 році, були виділені з ран — 60,1%; з крові — 34,2%; з СМР — 4,1%, з інших матеріалів — 1,6% демонструють високу резистентність майже до всіх антибіотиків на рівні 91–99%, до пеніцилінів, цефалоспоринов, фторхінолонів, тобраміцину, ертапенему. В порівнянні з 2023 роком в 1,2 раза знизилася резистентність до амікацину та гентаміцину, до карбапенемів резистентність залишалась на рівні 86–87%, до колістину на рівні 11%. Саме останній препарат доцільно було застосовувати для лікування при захворюваннях, які викликані *K. pneumoniae*.

Розподіл штамів *E. coli* (*n* = 53), надісланих до Центру в 2024 році становив: з ран — 45,2%; з крові — 47,2%; з СМР — 3,8%; з інших матеріа-

лів — 3,8%. Показано, що від 81,1% до 92,5% штамів були стійкі до ампіциліну, амоксициліну, цефотаксиму, цефтриаксону, фторхінолонам, приблизно як і в 2023 році (від 83,6% до 90–100%). Відсоток резистентних штамів зменшився до амоксицилін-клавуланової кислоти від 84,4% до 62,3%, до піперацилін-тазобактаму від 91,2% до 35,8%, до цефтазидиму та цефепіму від 98% до 77%. Резистентність до аміноглікозидів порівняно з минулим роком зменшилася в 1,2 раза до гентаміцину, в 2 рази до амікацину та майже в 3 рази до карбапенемів. Доцільно було застосовувати для лікування тайгециклін та колістин при захворюваннях, які викликані штамми *E. coli*.

Штами *P. aeruginosa* (*n* = 256) були виділені з ран — 89,5%; з крові — 7,8%; з СМР — 0,4%; з інших матеріалів — 2,3%. Збільшився% резистентних штамів до тікарцилін-клавуланату, піперацилін-тазобактаму, цефтазидиму, цефепіму, левофлоксацину, ципрофлоксацину, імipенему, меропенему, доріпенему від 91,4–100% в порівнянні з 2023 р. (від 90,9–99%). До аміноглікозидів кількість стійких штамів трохи зменшилась: до амікацину від 90,9% до 88,7%, до тобраміцину від 96,8% до 90% та збільшилась до азтреонаму від 48,2% до 56,6% та до колістину від 0 до 1,2%. Таким чином, при за-

Таблиця 1. Частота виділення штамів *K. pneumoniae*,
стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, <i>n</i> = 166	Рани, <i>n</i> = 292	СМР, <i>n</i> = 20	Інші матеріали, <i>n</i> = 8	Всього, <i>n</i> = 486
	R, %				
Амоксицилін	98,8	99,3	95,0	100	99,0
Амоксицилін-клавуланова кислота	98,2	99,3	95,0	100	98,7
Піперацилін-тазобактам	97,0	97,6	90,0	100	97,1
Цефотаксим	97,6	99,3	95,0	100	98,6
Цефтриаксон	97,0	98,6	95,0	100	97,9
Цефтазидим	95,8	96,2	90,0	100	95,9
Цефепім	97,0	96,2	95,0	100	96,5
Гентаміцин	73,5	75,3	80,0	87,5	75,1
Тобраміцин	92,2	91,8	85,0	87,5	91,6
Амікацин	71,1	62,3	75,0	75,0	66,0
Ципрофлоксацин	95,8	99,3	90,0	100	97,7
Левофлоксацин	95,8	99,3	90,0	100	97,7
Офлоксацин	95,8	99,3	90,0	100	97,7
Іміпенем	86,1	87,6	90,0	75	87,0
Меропенем	84,9	87,3	90,0	75	86,4
Ертапенем	92,2	92,5	95,0	87,5	92,4
Триметоприм -сульфаметоксазол	73,5	62,3	90,0	75,0	67,5
Колістин	11,4	9,9	20	0	10,7

хворюваннях, які викликані штамами *P. aeruginosa*, ефективно було б застосовувати препарат колістин.

Штами *A. baumannii* (n = 395) були виділені в 2024 році з ран — 79,7%, з крові — 14,2%, з СМР —

4,8%, з інших матеріалів — 1,3%. Кількість стійких штамів збільшилась порівняно з минулим роком до фторхинолонів, меропенему, колістину, однак спостерігається зменшення — до аміноглікозидів, іміпенему, доріпенему, три

Таблиця 2. Частота виділення штамів *E. coli*, стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 25	Рани, n = 24	СМР, n = 2	Інші матеріали, n = 2	Всього, n = 53
	R, %				
Ампіцилін	84	100	100	100	92,5
Амоксицилін	84	100	100	100	92,5
Амоксицилін-клавуланова кислота	60	62,5	50	100	62,3
Піперацилін-тазобактам	32	37,5	0	100	35,8
Цефотаксим	68	91,7	100	100	81,1
Цефтриаксон	68	91,7	100	100	81,1
Цефтазидим	60	83,3	50	100	71,7
Цефепім	68	91,7	0	100	77,4
Гентаміцин	40	29,2	50	50	35,8
Тобраміцин	44	33,3	50	50	39,6
Амікацин	16	20,8	50	50	20,8
Ципрофлоксацин	72	95,8	50	100	83,0
Левовфлоксацин	72	95,8	50	100	83,0
Офлоксацин	72	95,8	50	100	83,0
Іміпенем	4	16,7	0	0	9,4
Меропенем	4	16,7	0	0	9,4
Ертапенем	4	25	0	0	13,2
Триметоприм -сульфаметоксазол	48	58,3	50	50	52,8
Тайгекіклін	0	0	0	0	0
Колістин	4	0	0	0	1,9

Таблиця 3. Кількість штамів *P. aeruginosa*, стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 20	Рани, n = 229	СМР, n = 1	Інші матеріали, n = 6	Всього, n = 256
	R, %				
Азтреонам	55	56,8	100	50	56,6
Тікарцилін-клавуланова кислота	100	100	100	100	100
Піперацилін-тазобактам	100	100	100	100	100
Цефтазидим	100	99,6	100	100	99,6
Цефепім	100	99,6	100	100	99,6
Тобраміцин	90	90	100	100	90,0
Амікацин	90	88,6	100	83,3	88,7
Ципрофлоксацин	100	100	100	100	100
Левовфлоксацин	100	100	100	100	100
Іміпенем	100	99,6	100	100	99,6
Меропенем	95	91,3	100	83,3	91,4
Доріпенем	100	99,6	100	100	99,6
Колістин	0	1,3	0	0	1,2

Таблиця 4. Кількість стійких до антибіотиків штамів *A. baumannii*,
виділених з різного біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 56	Рани, n = 315	СМР, n = 19	Інші матеріали, n = 5	Всього, n = 395
	R, %				
Гентаміцин	57,1	66,3	73,7	80	65,6
Тобраміцин	57,1	61,6	73,7	80	61,8
Амікацин	91,1	93,3	100	80	93,2
Ципрофлоксацин	100	100	100	100	100
Левовфлоксацин	100	100	100	100	100
Іміпенем	92,9	79,4	94,7	100	82,3
Меропенем	96,4	92,4	100	100	93,4
Доріпенем	96,4	94,0	100	100	95,2
Триметоприм-сульфаметоксазол	89,3	81,0	100	100	83,3
Колістин	3,6	1,3	5,3	0	1,8

Таблиця 5. Кількість штамів *S. aureus*,
стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 24	Рани, n = 91	СМР, n = 2	Інші матеріали, n = 10	Всього, n = 127
	R, %				
Цефокситин (скринінг)	41,7	91,2	100	100	82,7
Бензилпеніцилін	66,7	97,8	100	100	92,1
Гентаміцин	45,8	44	100	40	44,9
Амікацин	33,3	37,4	100	30	37,0
Еритроміцин	16,7	63,7	50	60	54,3
Кліндаміцин	8,3	63,7	50	60	44,9
Ципрофлоксацин	100	100	100	100	100
Левовфлоксацин	100	100	100	100	100
Лінезолід	0	2,2	0	0	1,6
Рифампіцин	4,2	31,9	0	40	26,8
Тетрациклін	8,3	38,5	0	50	33,1
Тігециклін	0	0	0	0	0
Ванкоміцин	0	3,3	0	0	2,3
Тейкопланін	4,2	3,3	0	0	3,1
Фузидова кислота	4,2	7,7	0	0	6,3

Таблиця 6. Частота виявлення штамів *E. faecium*,
стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 6	Рани, n = 11	СМР, n = 1	Інші матеріали, n = 1	Всього, n = 19
	R, %				
Ампіцилін	100	100	100	100	100
Гентаміцин	83,3	90,9	100	100	89,5
Лінезолід	0	9,1	0	0	5,3
Ванкоміцин	100	36,4	100	0	57,9
Тейкопланін	100	36,4	0	0	52,6
Тігециклін	0	0	0	0	0

Таблиця 7. Кількість штамів *E. faecalis*, стійких до антибіотиків в залежності від виду біологічного матеріалу

Антибіотики	Кров, n = 3	Рани, n = 10	СМР, n = 0	Інші матеріали, n = 0	Всього, n = 13
	R, %				
Ампіцилін	0	0	—	—	0
Гентаміцин	33,3	40	—	—	38,5
Лінезолід	0	0	—	—	0
Ванкоміцин	0	0	—	—	0
Тейкопланін	0	0	—	—	0
Тігециклін	0	0	—	—	0

метоприм-сульфаметоксазолу. Доцільно було застосовувати колістин при захворюваннях, які викликані штамами *A.baumannii*.

Штами *S. aureus* (n = 127) виділяли з ран — 71,6%, з крові — 18,9%, з СМР — 1,6%, з інших матеріалів — 7,9%. У відсотковому відношенні виділені штами характеризувались зниженням резистентності до цефокситину (скринінг), аміноглікозидам, еритроміцину, кліндаміцину, лінезоліду, тігецикліну, рифампіцину, тетрацикліну, ванкоміцину, тейкопланіну, фузидової кислоти та в 100% стійкими до фторхінолонам. Лікування захворювань, які викликані штамами *S. aureus* необхідно проводити тігецикліном, лінезолідом, ванкоміцином, тейкопланіном, фузидовою кислотою.

Штами *E. faecium* (n = 19), надіслані для підтвердження, були виділені з ран — 58%, з крові — 31,6%, з СМР — 5,2%, з інших матеріалів — 5,2%. Показана доцільність застосовування для лікування тігециклін та лінезолід при захворюваннях, які викликані штамами *E.faecium*.

Штами *E. faecalis* (n = 13), надіслані для підтвердження, були виділені з ран 76,9%, з крові 23,1%, виявилися чутливими в 100% до ампіциліну, лінезоліду, тейкопланіну, тігецикліну, як і в 2023 році, але спостерігається зниження кількості штамів резистентних до ванкоміцину від 12,5% до 0, та збільшилась до гентаміцину від 12,5% до 38,5%. Доцільно було застосовувати для лікування ампіцилін, тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін при захворюваннях, які викликані штамами *E. faecalis*.

Таким чином, результати визначення чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів свідчать, що для лікування захворювань викликаних різними умовно-патогенними збудниками, доцільно було застосовувати: для *K. pneumoniae* — колістин; для *E. coli* — тайгециклін та колістин; для *P.aeruginosa* — колістин; для *A. baumannii* — колістин; для

S. aureus — тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін, фузидову кислоту; для *E. faecium* — тігециклін та лінезолід; для *E. faecalis* — ампіцилін, тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін.

Але враховуючи існуючу варіабільність отриманих результатів необхідне визначення антибіотикочутливості кожного виділеного етіологічного збудника.

ВИСНОВКИ

- 1. Визначена чутливість до антибіотиків збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках.
- 2. Серед досліджених полірезистентних культур домінували грамнегативні мікроорганізми — 87,7%, грампозитивні — 12,3%. Найбільша кількість штамів бактерій *K. pneumoniae*, *A. baumannii* та *P. aeruginosa* були виділені з усіх видів біологічного матеріалу.
- 3. Штами *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* виявились нечутливими до більшості досліджуваних антимікробних препаратів.
- 4. Аналіз результатів визначення чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів показав, що для лікування захворювань викликаних у умовно-патогенними збудниками, доцільно було застосовувати: для *K. pneumoniae* — колістин; для *E. coli* — тайгециклін та колістин; для *P. aeruginosa* — колістин; для *A. baumannii* — колістин; для *S. aureus* — тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін, фузидову кислоту; для *E. faecium* — тігециклін та лінезолід; для *E. faecalis* — ампіцилін, тігециклін, лінезолід, ванкоміцин, тейкопланін.
- 5. Отримані результати чутливості виділених штамів до антимікробних препаратів показав їх варіабільність та необхідність визначення антибіотикограм для кожного виділеного етіологічного збудника.

REFERENCES

1. MacLean RC, San Millan A. The evolution of antibiotic resistance. *Science*. 2019;**365**(6458):1082–3. doi: <https://doi.org/10.1126/science.aax3879>
2. Naghavi M, Vollset SE, Ikuta KS, Swetschinski LR, Gray AP, Wool EE, et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. *Lancet*. 2024;**404**(10459):1199–226. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)
3. Murray CJL, Ikuta KS, Sharara F, Swetschinski L, Robles Aguilar G, Gray A, et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022;**399**(10325):629–55. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
4. World Health Organization. Global antibiotic resistance surveillance report 2025: WHO Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2025 [cited 2026 May 29]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240116337>
5. Rosada MO, Hlushkevych TG, Sboieva AM, Surmasheva OV, Molchanets OV. Mikrobiolohichniy spektr zbudnykiv infektsii, poviazanykh z nadanniam medychnoi dopomohy, vydilennykh v Ukraini u 2022–2023 rokakh [Microbiological spectrum of causative agents of healthcare-associated infections isolated in Ukraine in 2022–2023]. *Environment & Health*. 2024;**4**(113):60–4. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.04.060>
6. Surmasheva OV, Rosada MO, Hlushkevych TG, Sboieva AM. Bakterialni zbudnyky infektsii, poviazanykh z nadanniam medychnoi dopomohy, vydileni v Ukraini v 2022–2023 rokakh [Bacterial pathogens of infections associated with the provision of medical care, isolated in Ukraine in 2022–2023]. In: Zadorozhna VI, Serheieva TA, editors. *Contemporary infectious diseases: etiology, epidemiology, diagnosis, treatment, prevention, biosafety: materials of the scientific and practical conference with international participation*, Kyiv, 15 October 2024. Kyiv; 2024. p. 144–6. Ukrainian.
7. Latina NO, Surmasheva OV. Etiolohiia hniino-zapalnykh infektsii u postrazhdalyykh osib cherez boiovi dii ta chutlyvist zbudnykiv do antymikrobnykh preparativ [Etiology of purulent-inflammatory infections in injuries caused by combat operations and sensitivity of pathogens to antimicrobial preparations]. *Environment & Health*. 2024;**1**(110):50–6. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.01.050>

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.

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>

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>

Отримано: 16.07.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

The study was conducted within the framework of the research project «Identification of Effective Disinfectants for Water Disinfection under Emergency Conditions», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0124U003000.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

SURMASHEVA Olena: formal analysis; writing — review & editing. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7739-0295>

HLUSHKEVYCH Tetiana: conceptualization. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6417-8366>

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

ROSADA Mykhailo: conceptualization; writing — review & editing. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2754-0715>

MOLCHANETS Oksana: writing — original draft; writing — review & editing. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9306-2777>

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

Received: 16.07.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



СТАН МОЗКОВОГО КРОВООБІГУ ПРИ ПРОГРЕСУЮЧІЙ СЕНСОНЕВРАЛЬНІЙ ПРИГЛУХУВАТОСТІ

Шидловська Т.А.,
Ковальчук О.В.

Державна установа
«Інститут отоларингології
ім. проф. О.І. Коломійченка
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА** роботи — вивчити показники реоенцефалографії у пацієнтів з прогресуючою сенсоневральною приглухуватістю
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Обстежено методом реоенцефалографії (РЕГ) за допомогою комп'ютерного реографа фірми «DX-системи» (Україна) дві групи пацієнтів з сенсоневральною приглухуватістю (СНП): 1-ша — 40 осіб зі стабільним перебігом, 2-га — 72 пацієнти з прогресуючим, та 15 осіб контрольної групи.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Провідним етіологічним фактором СНП у обох групах виявилися судинні розлади, однак у 2-й групі з прогресуючим перебігом ця причина розвитку порушень слуху становила аж 64,5%, що значно вище показника у 1-й групі (24,9% випадків). Явища ангіоспазму були виявлені у 43 хворих 2-ї групи (59,7% випадків), а венозний відтік був порушеним у 100% з них. Тоді як в 1-й групі ангіоспазм був виявлений у 22,5% (9 осіб), а утруднення венозного відтоку — у 62,5% (25 осіб). Пульсове кровонаповнення у каротидній системі переважно було збережене задовільним, а у вертебрально-базиллярній системі мало місце його зниження, виражене в тій чи іншій мірі. У пацієнтів з СНП за результатами реоенцефалографічного дослідження виявлено достовірні відмінності порівняно з контролем у показниках дикротичного індексу (ДКІ), діастолічного індексу (ДСІ) та географічного індексу (Рі). Причому у пацієнтів із прогресуючим перебігом СНП ці зміни були достовірними не тільки порівняно з особами контрольної групи, але і з пацієнтами зі стабільним перебігом СНП. Отже, при прогресуючому перебігу СНП відбуваються достовірно більш виражені порушення церебральної гемодинаміки, ніж при стабільному.
- **ВИСНОВКИ.** 1. Судинні розлади є провідною причиною розвитку СНП як при стабільному, так і, особливо, прогресуючому її перебігу. 2. У пацієнтів з прогресуючою СНП мають місце достовірно більш виражені порушення церебральної гемодинаміки, ніж при стабільному перебігу. У них виявлено достовірне збільшення ДКІ і ДСІ та зменшення Рі, особливо у вертебрально-базиллярній системі. Це свідчить про виражені підвищення тону мозкових судин, утруднення венозного відтоку та зниження пульсового кровонаповнення у хворих з прогресуючою СНП.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сенсоневральна приглухуватість, СНП, слуховий аналізатор, слух, мозковий кровообіг.

CEREBRAL CIRCULATION STATE IN PROGRESSIVE SENSORINEURAL HEARING LOSS

Shydlovska T.A.,
Kovalchuk O.V.

State Institution
«O.S. Kolomiychenko
Institute of Otolaryngology
of National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of this study is to study rheoencephalography indicators in patients with progressive sensorineural hearing loss.
- **MATERIALS AND METHODS.** Two groups of patients with sensorineural hearing loss (SNHL) were examined by rheoencephalography (REG) using a computer rheograph from the company «DX-systems» (Ukraine): the 1st — 40 people with a stable course, the 2nd — 72 patients with a progressive course, and 15 people from the control group.
- **RESULTS.** The leading etiological factor of SNHL in both groups was vascular disorders, however, in the 2nd group with a progressive course, this cause of hearing impairment was as much as 64.5%, which is significantly higher than in the 1st group (24.9% of cases). Angiospasm phenomena were detected in 43 patients of the 2nd group (59.7% of cases), and venous outflow was impaired in 100% of them. While in the 1st group, angiospasm was detected in 22.5% (9 people), and difficulty in venous outflow — in 62.5% (25 people). Pulse blood filling in the carotid system was mostly maintained satisfactory, and in the vertebrobasilar system there was a decrease, expressed to one degree or another. In patients with SNHL, according to the results of rheoencephalographic research, significant differences were found in comparison with the control in the indices of DKI, DSI and Ri. Moreover, in patients with a progressive course of SNHL, these changes were significant not only in comparison with the control group, but also with patients with a stable course of SNHL. Therefore, with a progressive course of SNHL, significantly more pronounced disorders of cerebral hemodynamics occur than with a stable one.
- **CONCLUSIONS.** 1. Vascular disorders are the leading cause of the development of SNHL both in stable and, especially, progressive course. 2. In patients with progressive SNHL, there are significantly more pronounced disorders of cerebral hemodynamics than in stable course. They have a significant increase in DKI and DSI and a decrease in Ri, especially in the vertebrobasilar system. This indicates a pronounced increase in the tone of cerebral vessels, difficulty in venous outflow and a decrease in pulse blood filling in patients with progressive SNHL.
- **KEYWORDS:** sensorineural hearing loss, SNHL, auditory system, hearing, cerebral circulation.

Питання прогресування сенсоневральної приглухуватості (СНП) є надзвичайно актуальним. Виникнення сенсоневральних порушень слуху може бути спричинене різними чинниками [1, 2, 4, 5, 8, 10]. Судинні порушення супроводжують виникнення і розвиток СНП будь-якої етіології [4, 6–9]. Провідні етіологічні чинники впливають на слуховий аналізатор як прямо, так і опосередковано і нерідко такий вплив реалізується саме через порушення у судинах. Тому порушення церебральної гемодинаміки відіграють вагомий роль у розвитку СНП [7, 8].

Слуховий аналізатор надзвичайно чутливий до порушень мікро- та макроциркуляції. Тому оцінка церебральної гемодинаміки у пацієнтів з сенсоневральними порушеннями слухової функції є необхідною умовою для ефективності подальших лікувально-профілактичних заходів.

Мета роботи — вивчити показники реоенцефалографії у пацієнтів з прогресуючою сенсоневральною приглухуватістю

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Обстежено 112 пацієнтів, яких розподілили на дві групи: 1-ша — 40 осіб зі стабільним перебігом СНП, 2-га — 72 пацієнти з прогресуючим її перебігом. До контрольної групи ввійшли 15 здорових нормальночуючих осіб, які не висували скарг на порушення слуху та при обстеженні у них не було виявлено порушень з боку слухового аналізатора. Для дослідження мозкового кровообігу застосовували реоенцефалографію (РЕГ), обстеження проводили за допомогою комп'ютерного реографа фірми «DX-системи» (Україна).

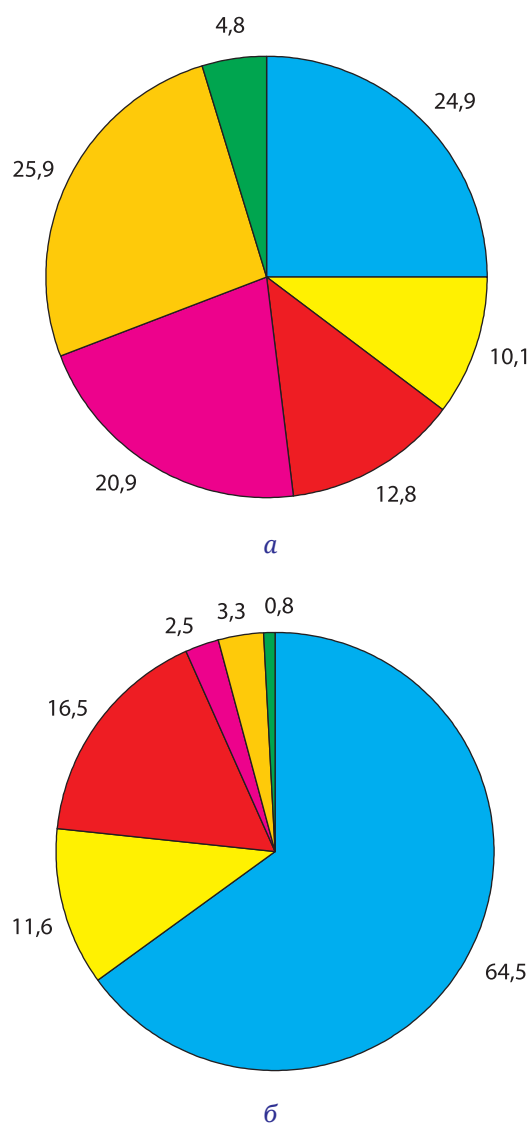
Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за загальноприйнятими методами математичної статистики. Імовірність змін та відмінностей між порівняльними величинами оцінювали за критерієм достовірності різниці (t) за таблицею Стюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нами було обстежено пацієнтів з стабільним та прогресуючим перебігом СНП. Оскільки СНП є поліетіологічним захворюванням, ми вивчили провідні причини виникнення сенсоневральних порушень слуху у обох групах хворих. Результати аналізу етіологічних факторів представлено на рис. 1. Як видно з наведених даних, провідним етіологічним фактором у обох групах є судинні розлади, однак у 2-й групі

з прогресуючим перебігом ця причина розвитку порушень слуху становила аж 64,5%, що значно вище показника у 1-й групі (24,9% випадків).

Тому ми провели обстеження стану церебральної гемодинаміки у пацієнтів з СНП за допомогою об'єктивного метода реоенцефалографії. Ми оцінювали дані РЕГ в каротидній (FM) та вертебрально-базиллярній (OM) системах. Згідно отриманих нами даних, у обох групах пацієнтів з СНП були виявлені зміни тонусу



■ — судинний фактор; ■ — інфекційні захворювання (зокрема ЦМВ, ГРВІ, COVID-19 тощо); ■ — акубаротравма; ■ — запальні захворювання ЛОР-органів; ■ — застосування ототоксичних препаратів; ■ — не з'ясовано

Рис. 1. Розподіл випадків сенсоневральної приглухуватості за провідним етіологічним фактором:

а — 1 група — стабільний перебіг;
б — 2 група — прогресуючий перебіг

мозкових судин, порушення венозного відтоку та зниження пульсового кровонаповнення. У обстежених переважно підвищувався тонус мозкових судин, причому у частини з них було виявлено явища ангіоспазму, та утруднювався венозний відток. Особливо виражені зміни мозкового кровообігу ми фіксували у пацієнтів 2-ї групи. Так, явища ангіоспазму були виявлені у 43 хворих 2-ї групи (59,7% випадків), а венозний відтік був порушеним у 100% з них. Тоді як 1-й в групі ангіоспазм був виявлений у 22,5% (9 осіб), а утруднення венозного відтоку — у 62,5% (25 осіб). Пульсове кровонаповнення у каротидній системі переважно було збережене задовільним, а у вертебрально-базиллярній системі мало місце його зниження, виражене в тій чи іншій мірі.

У обстежених нами пацієнтів було виявлено збільшення відносно контролю показників дикротичного (ДКІ), та діастолічного (ДСІ) індексів РЕГ-кривої, а також зниження реографічного індексу (Рі) (табл. 1 та 2). Такі показники, як α та ДКІ відображають тонус мозкових судин, тоді як ДСІ засвідчують стан венозного відтоку, а Рі — пульсове кровонаповнення.

ДКІ у каротидній системі у 1-й групі склав ($53,6 \pm 1,3\%$). А у 2-й групі ДКІ становив $58,7 \pm 1,2\%$, що було достовірно вищим не тільки порівняно з контролем, але і з відповідним показником у пацієнтів зі стабільним перебігом (табл. 1, рис. 2). ДСІ у каротидній системі у 1-й групі склав ($62,7 \pm 1,6\%$), а у 2-й, з прогресуючим перебігом СНП, становив ($63,3 \pm 1,8\%$).

Таблиця 1. Кількісні показники реоенцефалографії в каротидній системі у хворих з СНП обстежуваних груп та контрольної (К) групи, ($M \pm m$)

Групи хворих	Каротидна система			
	Показники РЕГ			
	α , с	ДКІ, %	ДСІ, %	Рі
К (n = 15)	$0,103 \pm 0,004$	$52,1 \pm 1,4$	$58,7 \pm 1,5$	$1,23 \pm 0,05$
1 (n = 40)	$0,109 \pm 0,009$	$53,6 \pm 1,3$	$62,7 \pm 1,6^{**}$	$1,05 \pm 0,03^{**}$
2 (n = 72)	$0,118 \pm 0,010$	$58,7 \pm 1,2$	$63,3 \pm 1,8^{**}$	$0,91 \pm 0,06^{**}$
t/p (K-1)	0,60 $p > 0,05$	0,78 $p > 0,05$	1,82 $p > 0,05$	3,08 $p < 0,01$
t/p (K-2)	1,39 $p > 0,05$	3,57 $p < 0,05$	1,96 $p > 0,05$	4,09 $p < 0,01$
t/p (1-2)	0,66 $p > 0,05$	2,88 $p < 0,05$	0,24 $p > 0,05$	2,08 $p < 0,05$

Примітки: 1. * — $p < 0,05$ — величини достовірно відрізняються від таких у контрольній групі; 2. ** — $p < 0,01$ — величини достовірно відрізняються від таких у контрольній групі.

Таблиця 2. Кількісні показники реоенцефалографії в вертебрально-базиллярній системі у хворих з СНП обстежуваних груп та контрольної (К) групи, ($M \pm m$)

Групи хворих	Вертебрально-базиллярна система			
	Показники РЕГ			
	α , с	ДКІ, %	ДСІ, %	Рі
К	$0,105 \pm 0,005$	$51,7 \pm 1,9$	$60,8 \pm 1,8$	$1,17 \pm 0,04$
1	$0,110 \pm 0,004$	$54,9 \pm 1,5$	$64,5 \pm 2,1^*$	$0,87 \pm 0,02^{**}$
2	$0,121 \pm 0,011$	$59,8 \pm 1,3$	$69,1 \pm 2,2^*$	$0,78 \pm 0,03^{**}$
t/p (K-1)	0,78 $p > 0,05$	1,32 $p > 0,05$	1,33 $p > 0,05$	6,70 $p < 0,01$
t/p (K-2)	1,32 $p > 0,05$	3,51 $p < 0,05$	2,91 $p < 0,05$	7,80 $p < 0,01$
t/p (1-2)	0,93 $p > 0,05$	2,46 $p < 0,05$	1,51 $p > 0,01$	2,46 $p < 0,05$

Примітки: 1. * — $p < 0,05$ — величини достовірно відрізняються від таких у контрольній групі; 2. ** — $p < 0,01$ — величини достовірно відрізняються від таких у контрольній групі.

Ці показники не відрізнялися суттєво у групах між собою.

У вертебрально-базиллярній системі показник ДКІ склав $54,9 \pm 1,5\%$ у 1-й групі та $59,8 \pm 1,3\%$ у 2-й групі. Зауважимо, що ДКІ у 2-й групі достовірно відрізнявся як від контрольного значення, так і величини цього показника у 1-й групі. У вертебрально-базиллярній системі значення ДСІ у пацієнтів 1-ї групи становило ($64,5 \pm 2,1\%$), а у 2-й групі — аж ($69,1 \pm 2,2\%$), що достовірно відрізнялося від такого ж показника у осіб контрольної групи ($60,8 \pm 1,8\%$) (табл. 2, рис 3).

Показник Рі характеризує пульсове кровонаповнення у мозкових судинах. За нашими даними, значення Рі в обох досліджуваних групах було знижене як в каротидній, так і, особливо, у вертебрально-базиллярній системі. Так, у каротидній системі значення Рі було достовірно меншим за норму і становило відповідно у 1-й групі $1,05 \pm 0,03$, а у 2-й групі $0,91 \pm 0,06$ при значенні у контрольній групі $1,23 \pm 0,05$. Однак, зауважимо, що такі показники Рі є задовільними. У вертебрально-базиллярній системі показники Рі становили у 1-й $0,87 \pm 0,02$ та у 2-й $0,78 \pm 0,03$ (рис. 4). Причому в 2-й групі хворих з СНП значення Рі було достовірно зміненим не тільки порівняно з контролем, але достовірно меншим ніж у 1-й групі. Такі величини Рі у 2-й групі свідчать про значне зниження пульсового кровонаповнення у обстежуваних хворих.

Таким чином, у пацієнтів з СНП за результатами реоенцефалографічного дослідження виявлено достовірні відмінності порівняно з контролем у показниках ДКІ, ДСІ та Рі. Причому у пацієнтів із прогресуючим перебігом СНП ці зміни були достовірними не тільки порівняно з особами контрольної групи, але і з пацієнтами зі стабільним перебігом СНП. Отже, при прогресуючому перебігу СНП відбуваються достовірно більш виражені порушення церебральної гемодинаміки, ніж при стабільному.

ВИСНОВКИ

1. Судинні розлади є провідною причиною розвитку СНП як при стабільному, так і, особливо, прогресуючому її перебігу.

2. У пацієнтів з прогресуючою СНП мають місце достовірно більш виражені порушення церебральної гемодинаміки, ніж при стабільному перебігу. У них виявлено достовірне збільшення ДКІ і ДСІ та зменшення Рі, особливо у вертебрально-базиллярній системі. Це свідчить про виражені підвищення тону мозкових

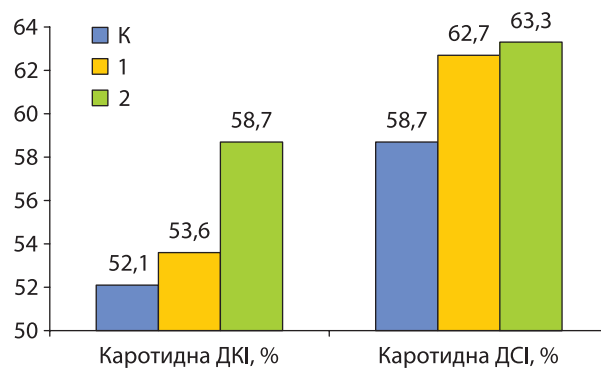


Рис. 2. Показник ДКІ та ДСІ у каротидній системі у пацієнтів з СНП 1 та 2 груп та осіб контрольної групи

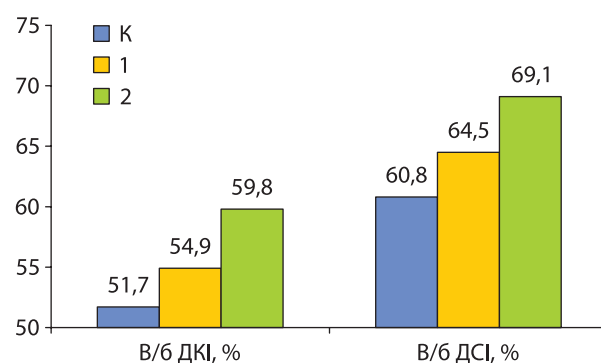


Рис. 3. Показник ДКІ та ДСІ у вертебрально-базиллярній системі у пацієнтів з СНП 1 та 2 груп та осіб контрольної групи

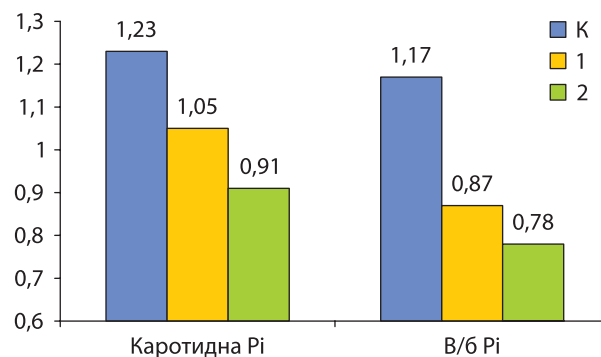


Рис. 4. Показник Рі у каротидній та вертебрально-базиллярній системах у пацієнтів з СНП 1 та 2 груп та осіб контрольної групи

судин, утруднення венозного відтоку та зниження пульсового кровонаповнення у хворих з прогресуючою СНП.

REFERENCES

1. Abdel Rhman S, Abdel Wahid A. COVID-19 and sudden sensorineural hearing loss: a case report. *Otolaryngol Case Rep.* 2020;16:100198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.xocr.2020.100198>

2. Esquivel CR, Parker M, Curtis K, Merkley A, Littlefield P, Conley G, et al. Aural blast injury/acoustic trauma and hearing loss. *Mil Med*. 2018;**183**(Suppl 2): 78–82.
doi: <https://doi.org/10.1093/milmed/usy167>
3. Ciorba A, Corazzi V, Bianchini C, Aimoni C, Skarzynski H, Skarzynski PH, et al. Sudden sensorineural hearing loss: is there a connection with inner ear electrolytic disorders? A literature review. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2016;**29**(4):595–602.
doi: <https://doi.org/10.1177/0394632016673845>
4. Körpinar S, Alkan Z, Yiğit O, Gör AP, Toklu AS, Cakir B, et al. Factors influencing the outcome of idiopathic sudden sensorineural hearing loss treated with hyperbaric oxygen therapy. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2011;**268**(1):41–47.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00405-010-1336-6>
5. Mustafa MWM. Audiological profile of asymptomatic COVID-19 PCR-positive cases. *Am J Otolaryngol*. 2020;**41**(3):102483.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2020.102483>
6. Öçal R, Akın Öçal FC, Güllüev M, Alataş N. Is the C-reactive protein/albumin ratio a prognostic and

- predictive factor in sudden hearing loss? *Braz J Otorhinolaryngol*. 2020;**86**(2):180–84.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.10.007>
7. Shydlovska TA, Bezega MI, Kuleshova DM. Sudden sensorineural hearing loss in patients with COVID-19. *Otorhinolaryngology*. 2024;**7**(3):69–82. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.37219/2528-8253-2024-3-69>
 8. Shydlovska TA, Petruk LG. *Acoustic trauma in zone of combat actions*. Medical care for sensorineural hearing impairment: diagnostics, treatment, phasing, prevention. Kyiv: Logos; 2020. 80 p.
 9. Sun C, Xuan X, Zhou Z, Yuan Y, Xue F. A preliminary report on the investigation of prestin as a biomarker for idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Ear Nose Throat J*. 2020;**99**(8):528–31.
doi: <https://doi.org/10.1177/0145561319849949>
 10. World Health Organization. Deafness and hearing loss [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 Apr 1 [cited 2026 Apr 10]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Вдосконалення лікування, експертизи і реабілітації пацієнтів з бойовою акубаторотравмою», що фінансується Національною академією медичних наук України, № держреєстрації 0123U105078

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

ШИДЛОВСЬКА Тетяна: концептуалізація, написання — оригінальний проєкт, написання — редагування, формальний аналіз, дослідження, методологія.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7894-359X>

КОВАЛЬЧУК Ольга: написання — оригінальний проєкт, курація даних, формальний аналіз, дослідження, програмне забезпечення, візуалізація.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7642-5108>

FUNDING

Studies were carried out within the framework of the research «Improving the treatment, examination and rehabilitation of patients with combat acoustic trauma», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0123U105078

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

SHYDLOVSKA Tetiana: conceptualization, original draft preparation, formal analysis, investigation, methodology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7894-359X>

e-mail: lorprof6@ukr.net

KOVALCHUK Olha: original draft preparation, data curation, investigation, software, visualization.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7642-5108>

Отримано: 28.07.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

Received: 28.07.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



СОЦІАЛЬНО-БІОЛОГІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ РУХОВОЇ ПОВЕДІНКИ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ ТА ОБМЕЖЕНЬ

Калиниченко І.О.,
Латіна Г.О.

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

- **МЕТОД** дослідження було комплексне вивчення соціально-біологічних детермінант рухової поведінки, обсягів енерговитрат та соматометричних показників різних груп населення в умовах воєнного стану.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено соціологічне онлайн-опитування 97 здобувачів освіти Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка (18–20 років) та 114 працівників різних установ (21–55 років). Рухову активність оцінювали за міжнародним опитувальником IPAQ із розрахунком енерговитрат у метаболічних еквівалентах (МЕТ-хв/тиждень). Фізичний статус визначали за індексом маси тіла (ІМТ). Статистична обробка здійснювалася за допомогою пакетів «Statistica 10.0» та MS Excel з побудовою багатофакторної моделі бінарної логістичної регресії.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** За результатами популяційного моніторингу з використанням міжнародного опитувальника IPAQ усі опитані протягом тижня витрачали найбільше часу на ходьбу різної інтенсивності ($414,62 \pm 19,11$ хв), сидячи провели $231,72 \pm 11,38$ хв, виконуючи різні види робіт, працюючи за комп'ютерами, та користуючись гаджетами у вільний час. Рухова активність протягом тижня фактично не відрізнялась за інтенсивністю, а саме: РАВІ і РАПІ становили $121,16 \pm 5,9$ хв та $120,15 \pm 7,34$ хв відповідно ($p > 0,05$). Тривалість часу, який проведено сидячи не відрізнялась серед молоді ($213,33 \pm 13,38$ хв) і старшого покоління ($213,25 \pm 11,07$ хв, ($t = 0,11$; $p > 0,05$)). Серед респондентів $47,87 \pm 3,44\%$ мали РАВ інтенсивності, $27,96 \pm 3,09\%$ — РАП, $24,17 \pm 2,95\%$ — РАН інтенсивності. Виявлено прогресуюче з віком зростання ІМТ від нормальних значень у молоді ($22,17 \pm 0,31$ кг/м²) до надмірної маси тіла в осіб старше 40 років ($28,49 \pm 0,48$ кг/м², $p < 0,001$). Збільшення ІМТ на кожну одиницю (1 кг/м²) статистично значущо підвищує шанси розвитку хронічних захворювань на 11,2% та відповідно знижує ймовірність збереження здоров'я.
- **ВИСНОВКИ.** Серед усіх вікових груп значного поширення набуває малорухлива поведінка. Показники енерговитрат населення є нижчими за міжнародні стандарти. Визначено вікові особливості рухової активності населення. Найвища рухова активність притаманна молоді до 20 років, тоді як з віком зростає гіподинамія та прогресує надлишкова маса тіла. Провідним самостійним чинником наявності хронічної патології (за даними самозвіту) виступає ІМТ респондентів. Поведінковим фактором із найвищим превентивним потенціалом є рухова активність помірної інтенсивності. Виконання рекомендованого ВООЗ навантаження середньої інтенсивності (150 хв/тиждень) знижує ризик розвитку хронічних захворювань на 24,9%, тоді як звичайна ходьба має незначний профілактичний ефект (до 7%).
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** рухова активність, індекс маси тіла, енерговитрати, громадське здоров'я.

SOCIO-BIOLOGICAL DETERMINANTS OF POPULATION PHYSICAL ACTIVITY BEHAVIOR UNDER GLOBAL CHALLENGES AND RESTRICTIONS

Kalynychenko I.O.,
Latina H.O.

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

- **OBJECTIVE.** The objective of the study was a comprehensive investigation of socio-biological determinants of physical activity behavior, weekly energy expenditure, and somatometric parameters among various population groups under the conditions of martial law.
- **MATERIALS AND METHODS.** A sociological online survey was conducted among 211 respondents, including 97 students (aged 18–20) and 114 employees of various institutions (aged 21–55). Physical activity (PA) was assessed using the IPAQ with the calculation of energy expenditure in metabolic equivalents (MET-min/week). Physical status was evaluated via Body Mass Index (BMI). Statistical processing was performed using «Statistica 10.0» and MS Excel software, including the construction of a multivariate binary logistic regression model.
- **RESULTS.** According to the population monitoring results using the international IPAQ questionnaire, all respondents spent the most time during the week on walking of various intensities (414.62 ± 19.11), and spent 231.72 ± 11.38 min. Weekly physical activity did not actually differ in intensity, namely: high-intensity PA and moderate PA amounted to 121.16 ± 5.90 min and 120.15 ± 7.34 min, respectively ($p > 0.05$). A progressive age-related increase in BMI was revealed, ranging from normal values in youth (22.17 ± 0.31 kg/m²) to overweight in individuals over 40 years old (28.49 ± 0.48 kg/m², $p < 0.001$). BMI is the leading independent factor in the presence of chronic pathology: a 1 kg/m² increase in BMI statistically significantly elevates the odds of developing chronic diseases by 11.2% and accordingly reduces the probability of maintaining health.

■ **CONCLUSIONS.** Sedentary behavior is becoming increasingly widespread across all age groups. The population's energy expenditure indicators fall below international standards. Distinct age-related patterns in physical activity have been identified: the highest levels of physical activity are characteristic of young people under 20 years of age, whereas physical inactivity increases with age alongside the progression of excess body weight. Based on self-reported data, BMI emerged as the leading independent risk factor for the presence of chronic pathology. Among behavioral factors, moderate-intensity physical activity demonstrates the highest preventive potential. Achieving the WHO-recommended volume of moderate-intensity exercise (150 min/week) reduces the risk of developing chronic diseases by 24.9%, while regular walking shows only a minor preventive effect (up to 7%).

■ **KEYWORDS:** *physical activity, body mass index, energy expenditure, public health.*

ВСТУП

Стан здоров'я населення України, що сформувався під впливом суспільно-політичних та економічних чинників, характеризується глибокою демографічною кризою із різким скороченням населення, високим рівнем захворюваності, інвалідизації та смертності, особливо серед осіб працездатного віку [1, 2].

Науковцями встановлено, що під дією хронічного стресогенного впливу війни, серед населення країни поширення набувають функціональні зміни у формі погіршення самопочуття, емоційно-когнітивних порушень, виникнення хвороб серцево-судинної, нервової, ендокринної систем [3]. З огляду на вищезазначене необхідним і своєчасним є реагування на наявні виклики сьогодення у галузі громадського здоров'я [4, 5].

Стрес-індуковані зміни формують специфіку поведінки різних вікових груп населення, як прояв деструктивних копінг-реакцій на хронічний стрес. Часто вони супроводжуються дефіцитом фізичної активності, поширенням куріння, нераціональним та незбалансованим харчуванням, що згодом може трансформуватися у підвищений ризик погіршення здоров'я [6, 7]. На сьогодні, в умовах воєнного стану, для молоді існує суттєвий життєвий виклик — поєднання процесів соціальної адаптації та здобуття освіти на тлі хронічного стресу. Для учнівської та студентської молоді проблема дефіциту рухової активності (РА) є особливо гострою. Сучасний навчальний процес у закладах загальної середньої та вищої освіти характеризується високим розумовим навантаженням, переважним перебуванням у статичних положеннях, що призводить до зниження працездатності, зростання захворюваності, збільшення маси тіла. Ситуація значно ускладнилася в умовах воєнного стану в Україні. Постійні повітряні тривоги часто зупиняють освітній процес, викликаючи стресові стани, а перехід на дистанційне навчання та обмежений доступ до спортивної інфраструктури, створили додаткові перешкоди для активного способу

життя, коли не ефективно проводяться уроки фізичного виховання, припиняється робота спортивних гуртків та спортивних клубів [8, 9]. Вимушене обмеження моторики на тлі хронічного стресу суттєво підвищує ризик виникнення метаболічних порушень у довгостроковій перспективі [10].

На сьогодні обґрунтовано та впроваджено стандартизовані норми РА для дитячого населення та існують рекомендації ВООЗ щодо обсягу РА для дорослих [11, 12]. Означене, зрештою, актуалізує дослідження рухової поведінки, як критерію сформованості навичок здорового способу життя населення в умовах складних викликів воєнного періоду.

Метою дослідження було комплексне вивчення соціально-біологічних детермінант рухової поведінки, обсягів енерговитрат та соматометричних показників різних груп населення в умовах воєнного стану.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для досягнення поставленої мети було використано метод соціологічного онлайн-опитування на базі платформи Google Forms. В опитуванні брали участь 97 здобувачів освіти різних факультетів Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка віком від 18 до 20 років та 114 працівників різних установ міста (віком від 21 до 55 років). Перед проведенням дистанційного опитування респонденти ознайомилися з інформацією про мету, порядок дослідження і надали поінформовану згоду. Дослідження виконано відповідно до положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення медичних досліджень за участю людини як суб'єкта дослідження, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, а також чинного законодавства України. Проведення онлайн-опитування було схвалено Комісією з питань біоетики Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка (протокол № 1 від 01.06.2026 року).

РА оцінювали за Міжнародним опитувальником фізичної активності International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) для популяційного моніторингу дорослого населення віком 15–69 років [13]. Аналізували такі види локомоцій: ходьба, фізичні навантаження помірної та високої інтенсивності, а також тривалість малорухливої поведінки (сидіння). Кількісну оцінку загального рівня рухової активності здійснювали шляхом розрахунку енерговитрат у метаболічних еквівалентах (МЕТ-хв/тиждень). Для стандартизації обчислень сумарних щотижневих енерговитрат залежно від інтенсивності виконуваної роботи використовували такі коефіцієнти: для ходьби — 3,3 МЕТ, для навантажень середньої (помірної) інтенсивності — 4,0 МЕТ, для інтенсивних навантажень — 8,0 МЕТ. Для кожного типу енерговитрат окремо фіксувалася частота (днів на тиждень) та тривалість (хвилин на день) з розрахунком значень для РА високої та помірної (РАВ та РАП відповідно) інтенсивності, а також загальний бал.

Респондентів було розподілено на групи за рівнями РА: 1) група з РА високої інтенсивності (РАВІ): респонденти, які задекларували принаймні 3 дні високоінтенсивних навантажень або комбінацію помірної та високої РА із сумарними енерговитратами не менше 1500 МЕТ-хв/тиждень; 2) група з РА помірної інтенсивності (РАПІ): особи, які практикували 5 або більше днів будь-яких поєднань помірної чи високої активності, що в сукупності забезпечували мінімум 600 МЕТ-хв/тиждень; 3) група з РА низької інтенсивності (РАНІ): респонденти, у яких щотижневий обсяг навантажень не досягав 600 МЕТ-хв/тиждень.

Програма дослідження, окрім оцінки рухового режиму, передбачала аналіз соціодемографічних характеристик, особливостей способу життя, суб'єктивних оцінок соматичного здоров'я, а також мотиваційних пріоритетів і бар'єрів на шляху до регулярних занять фізичною культурою. Дані щодо наявності або відсутності хронічних захворювань отримані на підставі самозвітів в онлайн-опитуванні респондентів. Фізичний стан оцінювали за допомогою індексу маси тіла (ІМТ). Для цього під час онлайн-опитування респонденти самостійно зазначали в анкеті антропометричні дані (власну масу та довжину тіла).

Розрахунок ІМТ здійснювали за загальновідомою формулою і шкалою оцінок [14].

Статистичний аналіз та математичну обробку отриманих результатів проводили з ви-

користанням програмних пакетів MS Excel 2007 та Statistica 10.0. Параметричний опис вибірок здійснювали за допомогою методів описової статистики з обчисленням середнього арифметичного значення та похибки середньої величини ($M \pm m$). Для оцінки достовірності розбіжностей між кількісними показниками незалежних груп застосовували *t*-критерій Стюдента на рівні помилки $p < 0,05$.

Для аналізу зв'язку фактора «наявність/відсутність хронічних захворювань» із ІМТ та РА різної інтенсивності використали метод бінарної логістичної регресії, за допомогою якого простежили, як зміна досліджуваних показників на певні умовні одиниці, змінює шанси наявності патології. Силу та напрям зв'язків оцінювали за значеннями відношення шансів (Odds Ratio (OR), розрахованого як $\exp(B)$) та його 95% довірчого інтервалу (95% ДІ).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час аналізу отриманих даних було встановлено, що усі опитані протягом тижня витрачали найбільше часу на ходьбу різної інтенсивності та із різною метою ($414,62 \pm 19,11$ хв), сидячи провели $231,72 \pm 11,38$ хв, виконуючи різні види робіт, працюючи за комп'ютерами та користуючись різними гаджетами у вільний час. Рухова активність протягом тижня фактично не відрізнялась за інтенсивністю, а саме: РАВІ і РАПІ становили $121,16 \pm 5,9$ хв та $120,15 \pm 7,34$ хв відповідно ($p > 0,05$).

Аналіз отриманих результатів дозволив виявити існування вікових відмінностей у тривалості РА різної інтенсивності серед дорослого населення та молоді. Зокрема, у респондентів віком до 20 років щотижнева тривалість РАВІ становила $152,85 \pm 5,29$ хв, що значно перевищувала аналогічний показник опитаних віком від 21 до 40 років ($119,11 \pm 6,33$ хв; $t = 2,31$; $p < 0,05$) та осіб старше 40 років ($93,18 \pm 5,44$ хв; $t = 4,67$; $p < 0,01$). Необхідно зазначити, що зафіксований рівень РАВІ у наймолодшій віковій групі загалом відповідав глобальним рекомендаціям ВООЗ щодо фізичної активності для молоді [12] (табл. 1).

Тривалість часу, який проведено сидячи не відрізнялась серед молоді ($213,33 \pm 13,38$ хв) і старшого покоління ($213,25 \pm 11,07$ хв, ($t = 0,11$; $p > 0,05$)), що свідчить про широке розповсюдження серед населення різних вікових груп практично однакового способу використання вільного часу або виконання професійних обов'язків у статичному положенні сидячи.

Таблиця 1. Тривалість видів рухової активності у різних вікових групах

Вікові групи	Тривалість різних видів рухової активності (хв) $M \pm t$			
	Рухова активність високої інтенсивності (РАВІ)	Рухова активність помірної інтенсивності (РАПІ)	Ходьба	Час, проведений сидячи
До 20 років, $n = 72$	$152,85 \pm 5,29^*$	$168,01 \pm 7,83^*$	$519,03 \pm 21,51^*$	$213,33 \pm 13,38$
21–40 років, $n = 62$	$119,11 \pm 6,33^*$ $t = 2,31$	$103,95 \pm 5,65^*$ $t = 3,69$	$392,02 \pm 18,27^*$ $t = 2,51$	$214,74 \pm 9,21$
Старше 40 років, $n = 77$	$93,18 \pm 5,44^{\#}$ $t = 4,67$	$88,44 \pm 7,06^{\#}$ $t = 4,49$	$335,19 \pm 15,10^{\#}$ $t = 4,18$	$213,25 \pm 11,07$

Примітка: * — статистично значущі відмінності між респондентами до 20 і 21–40 років, $p < 0,05$; # — статистично значущі відмінності між респондентами до 20 і старше 40 років, $p < 0,01$.

Рівень енергетичних витрат на РА є об'єктивним показником способу життя та потенційної можливості профілактики низки неінфекційних захворювань. Встановлено, що за даними опитування середні щотижневі енерговитрати респондентів на РАВІ становила $969,29 \pm 47,20$ МЕТ-хв/тиждень, РАПІ — $480,61 \pm 29,35$ МЕТ-хв/тиждень, що значно менше навіть мінімальних значень міжнародних стандартів різних рівнів інтенсивності РА. На особливу увагу заслуговує виявлена невідповідність між суб'єктивними оцінками респондентів та міжнародними стандартами: рівень, який учасники опитування кваліфікували як високий, за об'єктивними критеріями відповідав лише помірній руховій активності, тоді як задекларовані навантаження помірної інтенсивності фактично належали до категорії низьких [10].

У дослідженні було проаналізовано сумарне значення рухової інтенсивності за величинами РАВІ і РАПІ, що становить у цілому для опитаних $1449,89 \pm 63,64$ МЕТ-хв/тиждень.

Встановлені закономірності зберігаються у різних вікових групах. Зокрема серед осіб до 20 років РАВІ ($1222,78 \pm 72,51$ МЕТ-хв/тиждень) перевищує РАВІ у осіб 21–40 років ($952,90 \pm 93,39$ МЕТ-хв/тиждень ($t = 2,31$, $p < 0,05$)) та осіб старше 40 років ($745,46 \pm 72,01$ МЕТ-хв/тиждень ($t = 4,66$, $p < 0,01$)).

Викликає занепокоєння той факт, що з віком зростає обмеження рухового навантаження, а з ним і м'язових зусиль у населення старших вікових груп. Підтверджує це зменшення енерговитрат на ходьбу, як найдоступнішого способу зберігати фізичну активність. Якщо молодь до 20 років на ходьбу витрачає $1712,70 \pm 70,99$ МЕТ-хв/тиждень, то респонденти до 40 років — $1293,65 \pm 60,29$ МЕТ-хв/тиж-

день ($t = 2,51$, $p < 0,01$), а старше 40 років тільки $1106,14 \pm 49,84$ МЕТ-хв/тиждень ($t = 4,18$, $p < 0,001$).

Аналізуючи результати опитування, було встановлено, що згідно з класифікацією рівнів РА за Міжнародним опитувальником фізичної активності (IPAQ), серед респондентів $47,87 \pm 3,44\%$ мали РАВ інтенсивності, $27,96 \pm 3,09\%$ — РАПІ, $24,17 \pm 2,95\%$ — РАН інтенсивності. Причому питома вага групи осіб із РАВ інтенсивності переважала серед чоловіків ($59,26 \pm 3,38\%$) порівняно із жінками ($40,77 \pm 3,38\%$; $p < 0,05$). Нами було проаналізовано за рахунок яких категорій населення чоловіки переважали за високим рівнем інтенсивності РА над жіночою групою. Встановлено, що у групі чоловіків домінувала студентська молодь ($85,42 \pm 2,43\%$), решта — становили чоловіки різних вікових груп. У жінок розподіл когорти із РА високої інтенсивності був іншим, а саме: серед здобувачок освіти — $41,51 \pm 4,32\%$, 21–40 років — $24,53 \pm 3,77\%$ опитаних, серед старшої вікової групи — $33,96 \pm 4,15\%$ респонденток. На нашу думку, виявлені статеві та вікові особливості можна пояснити тим, що студентки використовували фізичну активність у повсякденному житті більше, ніж жінки молодого та працездатного віку (21–40 років), які наразі активно залучені до цифрової економіки, яка передбачає тривале перебування в статичному положенні сидячи з мінімальною локомоторною активністю. Натомість жінки старшого віку частіше зайняті у сферах, що потребують фізичної присутності та переміщення (освіта, медицина, сфера обслуговування). Крім того, існує домінування сумарної побутової активності у жінок старших вікових груп (робота по дому, на присадибних ділянках, у приватних господарствах), яку жінки суб'єктивно оцінили як інтенсивну рухову активність.

Зважаючи на зазначені прогностичні ризики метаболічних порушень, неінфекційних хвороб та актуальність превентивних заходів, у межах нашого дослідження було проаналізовано поширеність надмірної маси тіла серед дорослого населення і молоді на основі розрахунку ІМТ. Встановлено, що у цілому чоловіки і жінки статистично значущо не відрізнялися за показником ІМТ ($25,66 \pm 0,25 \text{ кг/м}^2$ і $25,98 \pm 0,36 \text{ кг/м}^2$ відповідно; $p > 0,05$). Однак у вікових групах простежуються вірогідні відмінності між молоддю до 20 років і старшими віковими групами. Зокрема ІМТ у осіб до 20 років перебував у межах нормативних значень і становив $22,17 \pm 0,31 \text{ кг/м}^2$. Натомість у групі осіб віком 21–40 років цей показник був суттєво вищим ($26,87 \pm 0,55 \text{ кг/м}^2$ ($t = 7,69$, $p < 0,001$)), що свідчить про наявність надлишкової маси тіла у осіб до 40 років. У осіб старше 40 років ІМТ знаходився у межах надлишкової маси тіла ($28,49 \pm 0,48 \text{ кг/м}^2$) порівняно з наймолодшою групою ($t = 10,94$, $p < 0,001$), що доводить потенційно небезпечний ризик розвитку різних форм неінфекційних захворювань із віком.

Для комплексної оцінки впливу соматичних та поведінкових чинників на стан здоров'я (за суб'єктивною оцінкою «наявність (код 1) / відсутність хронічних захворювань (код 0)» було побудовано багатофакторну модель логістичної регресії, де чинниками, що впливали на можливу наявність хронічної патології виступали ІМТ, а також обсяг помірної, високої рухової активності та ходьба (у хвиликах) (табл. 2).

Оскільки первинні коефіцієнти логіт-регресії (B) відображали ймовірність збереження соматичного здоров'я і відсутність хронічних захворювань (код «0»), для оцінки безпосереднього шансу розвитку захворювань (код «1») було проведено інверсію знаків коефіцієнтів B з їх подальшим експоненціюванням для отримання значень відношення шансів (OR).

Аналіз внеску кожної детермінанти показав, що провідним і статистично значущим чинником можливої наявності хронічної патології виступає ІМТ (інвертований коефіцієнт регресії $B = 0,1063$) (критерій Вальда = 9,13; $p = 0,0025$). Розраховане відношення шансів становить: $OR = 1,1121$ (95% ДІ: 1,05–1,19), що свідчить про те, що збільшення ІМТ на кожну одиницю (1 кг/м^2) призводить до підвищення шансу розвитку хронічних захворювань на 11,2% і знижує шанси бути здоровим.

Натомість поведінкові чинники рухової активності (висока РА, помірної РА та ходьба), виміряні у хвиликах за тиждень, у межах даної багатофакторної моделі не досягли критичного рівня статистичної значущості ($p > 0,05$), що вказує на відсутність безпосереднього ефекту від кожної окремо взятої хвилини навантаження. Проте аналіз спрямованості отриманих коефіцієнтів дозволив виявити окремі тенденції, а саме: по-перше, тривалість помірної РА має закономірний профілактичний характер впливу ($B = -0,0019$; критерій Вальда = 1,31; $p = 0,2533$), і можна трактувати як «із збільшенням тривалості РАПІ зменшуються шанси розвитку хронічної патології».

Показник відношення шансів (OR) для однієї хвилини становить 0,9981. Для визначення можливого профілактичного ефекту було проведено перерахунок на більш тривалий проміжок часу (150 хвилин помірної РА за рекомендаціями ВООЗ) помірної активності на тиждень за формулою:

$$OR_{150 \text{ хв}} = \exp^{B \times 150} = \exp^{-0,019 \times 150}.$$

Математична екстраполяція хвилинного значення на 150 хвилин помірної РА на тиждень під час розрахунків дозволила отримати показник відношення шансів $OR_{150 \text{ хв}} = 0,7511$ і тенденцію щодо зниження шансу розвитку хронічних захворювань на 24,9% ($1 - 0,7511 = 0,2489$).

Таблиця 2. Результати багатофакторного логістичного регресійного аналізу сомато-поведінкових факторів

Змінна величина	Коефіцієнт регресії (B)	Стандартна похибка (SE)	Критерій Вальда	Рівень значущості (p)	Відношення шансів ($Odds \text{ Ratio}$)
Константа моделі (Intercept)	3,1771	1,0777	8,69	0,0032	23,9772
ІМТ	0,1063	0,0351	9,13	0,0025	1,1121
РАВІ (в хвиликах)	0,0019	0,0019	1,08	0,2979	1,0020
РАПІ (в хвиликах)	-0,0019	0,0016	1,31	0,2533	0,9981
Ходьба (в хвиликах)	-0,0005	0,0005	0,67	0,4125	0,9995

Чинник ходьби також виявив позитивний вплив на можливе зниження шансів формування патологічних станів. Однак означений чинник має низький прогностичний здоров'я-збережувальний потенціал ($B = -0,0005$; критерій Вальда = 0,67; $p = 0,4125$). Якщо навіть виконати аналогічний з РАПІ перерахунок показника відношення шансів на 150 хвилин ходьби на тиждень, то чинник ходьби лише на 7,01% може знижувати шанси формування патологічних станів ($1 - 0,9299 = 0,0701$). Отримані результати вказують на те, що ходьба в звичному темпі має поступатися місцем більш енерговитратним видам активності для досягнення вираженого профілактичного ефекту.

Чинник рухової активності високої інтенсивності не виявив здоров'язбережувального впливу в групі респондентів ($B = 0,0019$; критерій Вальда = 1,08; $p = 0,2979$). Отримане значення свідчить про те, що в межах даної вибірки тривалість інтенсивного фізичного навантаження не виступає прямим фактором зниження ймовірності виникнення хронічної патології.

ВИСНОВКИ

1. За результатами популяційного моніторингу з використанням міжнародного опитувальника IPAQ усі опитані протягом тижня витрачали найбільше часу на ходьбу звичної інтенсивності ($414,62 \pm 19,11$ хв), сидячи провели $231,72 \pm 11,38$ хв. РА протягом тижня фактично не відрізнялась за інтенсивністю, а саме: РАВІ і РАПІ становили $121,16 \pm 5,9$ хв та $120,15 \pm 7,34$ хв відповідно ($p > 0,05$).

2. Тривалість часу, який проведено сидячи не відрізнялась серед молоді ($213,33 \pm 13,38$ хв) і старшого покоління ($213,25 \pm 11,07$ хв, ($t = 0,11$; $p > 0,05$)), що свідчить про широке розповсюдження серед населення різних вікових груп практично однакового способу використання вільного часу або виконання професійних обов'язків у статичному положенні сидячи.

3. Згідно з класифікацією рівнів РА за Міжнародним опитувальником фізичної активності (IPAQ), серед респондентів $47,87 \pm 3,44\%$ мали РАВ інтенсивності, $27,96 \pm 3,09\%$ — РАП, $24,17 \pm 2,95\%$ — РАН інтенсивності.

4. ІМТ у осіб до 20 років перебував у межах нормативних значень і становив $22,17 \pm 0,31$ кг/м². Натомість у групі осіб віком 21–40 років цей показник був суттєво вищим ($26,87 \pm 0,55$ кг/м² ($t = 7,69$, $p < 0,001$)), що свідчить про наявність надлишкової маси тіла у осіб до 40 років. У осіб старше 40 років ІМТ знаходився у межах над-

лишкової маси тіла ($28,49 \pm 0,48$ кг/м²) порівняно з наймолодшою групою ($t = 10,94$, $p < 0,001$), що доводить потенційно небезпечний ризик розвитку різних форм неінфекційних захворювань із віком.

5. На основі побудованої багатофакторної моделі бінарної логістичної регресії доведено, що провідним чинником наявності хронічної патології виступає ІМТ. Збільшення ІМТ на кожну одиницю (1 кг/м²) статистично значуще підвищує шанси розвитку хронічних захворювань на 11,2%, навантаження помірної інтенсивності (обсягом 150 хвилин на тиждень) забезпечують зниження шансів формування хронічної патології на 24,9%, низькоінтенсивна ходьба на 5,8% за умови 150 хв/тиждень).

Перспективи подальших досліджень передбачають збільшення обсягу респондентів із залученням різних професійних груп населення; доповнення до прогностичної моделі додаткових характеристик психо-емоційного стану. Побудована регресійна модель може слугувати математичною основою для розробки алгоритму індивідуальної оцінки здоров'я населення, який може бути впроваджений у практичну діяльність центрів громадського здоров'я, в освітній процес закладів освіти.

REFERENCES

1. Lytvynenko MV, Serohina NO. Medyko-demografichna sytuatsiia v Ukraini ta yii vplyv na formuvannya potreb u rehabilitatsiini dopomozi v umovakh zbroinoho konfliktu [Medico-demographic situation in Ukraine and its impact on rehabilitation needs formation under armed conflict]. *Ukrainian Medical Journal*. 2026;3(177):1–5. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.275723>
2. Ueffing P, Adhikari S, KC S, Poznyak O, Goujon A, Natale F. *Ukraine's population future after the Russian invasion: the role of migration for demographic change*. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2023. (EUR 31439 EN). doi: <https://doi.org/10.2760/607962>
3. Pashynska SL, Antomonov MYu, Skochko TP, Rudnytska OP. Zminy u fizychnomu, psykhichnomu, dukhovnomu ta sotsialnomu zdorovi ukrainsiv pid vplyvom stresovykh chynnykiv voiennoho chasu [Changes in the physical, mental, spiritual and social health of Ukrainians under the influence of stress factors of wartime]. *Environment & Health*. 2025;2(115):11–18. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2025.02.011>
4. World Health Organization. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [cited 2026 Jun 15]. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/272722>
5. World Health Organization. Every move counts towards better health — says WHO [Internet]. Geneva:

- World Health Organization; 2020 Nov 25 [cited 2026 Jun 15]. Available from: <https://www.who.int/news/item/25-11-2020-every-move-counts-towards-better-health-says-who>
6. **Vorobiova A, Schilling R.** *The impacts of war-induced stress on the health and physical activity of Ukrainians* [poster]. ECSS Paris 2023 — 28th Annual Congress of the European College of Sport Science; 2023 Jul 4–7; Paris, France.
doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22219.77600>
 7. **Lin Y, Gao W.** The effects of physical exercise on anxiety symptoms of college students: a meta-analysis. *Front Psychol.* 2023;**14**:1136900.
doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136900>
 8. **Hozak SV, Yelizarova OT, Stankevych TV, Parats AM, Lebedynets NV.** Zviazok sposobu zhyttia i mentalnoho zdorovia ditei mista Kyieva na druhomu rotsi viiny [Association between lifestyle and mental health of Kyiv children in the second year of the war]. *Environment & Health.* 2024;**1**(110):18–25. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.01.018>
 9. **Alecu S, Onea GA, Badau D.** The relationship between motivation for physical activity, physical activity level, and body mass index for university students. *Sports* (Basel). 2025;**13**(4):96.
doi: <https://doi.org/10.3390/sports13040096>
 10. GBD 2021 Adult BMI Collaborators. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet.* 2025;**405**(10481):813–38.
doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)00355-1)
 11. **Polka NS, Hozak SV, Yelizarova OT, Stankevych TV, Kalynychenko IO, Parats AM.** *Rekomendatsii shchodo ozdorovchoi rukhovoi aktyvnosti ditei shkilnoho viku [Recommendations for health-improving physical activity for school-age children]*. Kyiv: State Institution «Marzieiev Institute for Public Health of the NAMSU»; 2023. 14 p. Ukrainian. Available from: <https://health.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/20-07-2023-recommendations-on-physical-activity-of-school-children.pdf>
 12. WebCardio. Rekomendatsii ESC 2020: shchodo zaniat sportom i fizychnoi aktyvnosti (chastyna 1) [ESC 2020 recommendations: on sports and physical activity (part 1)] [Internet]. 2020 Sep 4 [cited 2026 Jun 15]. Ukrainian. Available from: <https://www.webcardio.org/rekomendatsiji-esc-2020-shhodo-zanyatj-sportom-i-fizychnoji-aktyvnosti-chastyna-1.aspx>
 13. IPAQ Research Committee. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): short and long forms [Internet]. 2005 Nov [cited 2026 Jun 15]. Available from: <https://sites.google.com/view/ipaq/score>
 14. **Bauce GJ, Moya-Sifontes MZ.** Formulas for determining ideal weight and its relationship to the body mass index in adults. *Obese.* 2021;**1**(1):3.
doi: <https://doi.org/10.35702/obese.10003>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження проведено згідно з планом НДР Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка за темою «Обґрунтування адаптаційно-профілактичних стратегій та вдосконалення методичних підходів скринінгу вразливості різних груп населення на розвиток стрес-асоційованих психосоматичних розладів», номер державної реєстрації: 0126U001749 (02.2026 р. — 12.2030 р.).

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У написанні цієї статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

КАЛИНИЧЕНКО Ірина: концептуалізація, курація даних, формальний аналіз, методологія, написання — оригінальний проєкт.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1514-4210>
e-mail: irinakalinichenko2017@gmail.com
e-mail: i.kalynychenko@sspu.edu.ua

ЛАТІНА Ганна: дослідження, методологія, програмне забезпечення, візуалізація.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3089-1886>
e-mail: latinanna40@gmail.com

Отримано: 17.06.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

The study was conducted in accordance with the research plan of Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko within the research project «Substantiation of Adaptive and Preventive Strategies and Improvement of Methodological Approaches to Screening the Vulnerability of Different Population Groups to the Development of Stress-Associated Psychosomatic Disorders», State Registration No. 0126U001749 (February 2026 — December 2030).

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

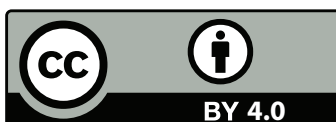
KALYNYCHENKO Iryna: conceptualization; data curation; formal analysis; methodology; writing — original draft.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1514-4210>
e-mail: irinakalinichenko2017@gmail.com
e-mail: i.kalynychenko@sspu.edu.ua

LATINA Hanna: investigation; methodology; software; visualization.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3089-1886>
e-mail: latinanna40@gmail.com

Received: 17.06.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



КЛІНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СКАРГИ ХВОРИХ З УРАЖЕННЯМ СЛУХОВОЇ СИСТЕМИ ПІСЛЯ ВИБУХОВОЇ ТРАВМИ

Котов В.О.

Державна установа
«Інститут отоларингології
ім. проф. О.С. Коломійченка
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА** роботи — визначити особливості скарг та клінічної картини у військовослужбовців із сенсоневральною та комбінованою приглухуватістю, які виникли внаслідок акубаротравми, отриманої в умовах бойових дій.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Обстежено 98 військовослужбовців з діагнозом акубаротравма (вибухова травма), отримана в умовах бойових дій. Проведено збір скарг та анамнезу, ендоскопічний огляд зовнішнього слухового ходу та барабанної перетинки (ендоскопічне обладнання «Karl Storz», Німеччина), тональну порогову та мовну аудіометрію (аудіометр AC-40 фірми «Interacoustics», Данія), імпедансну аудіометрію за допомогою AT235 («Interacoustics», Данія).
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** За результатами обстеження 37 хворих (37,8%) мали сенсоневральну приглухуватість, 61 хворий (62,2%) — комбіновану (змішану). Скарги хворих із сенсоневральною приглухуватістю обмежувалися зниженням слуху переважно у високочастотному діапазоні, дифузним шумом у вухах та феноменом рекрутменту. У хворих з комбінованою приглухуватістю спектр скарг додатково включав відчуття закладеності у вухах, аутофонію, рівномірне зниження слуху по всьому діапазону частот, іноді — головокружіння, біль і виділення з вуха. У 79,6% хворих відзначались супутні психоемоційні порушення — погіршення сну, емоційна лабільність, підвищена дратівливість та швидка втомлюваність. У структурі кондуктивного компонента комбінованого ураження слуху перфорація барабанної перетинки становила 82%, ізольований розрив ланцюга слухових кісточок за інтактною барабанною перетинкою — 18%.
- **ВИСНОВКИ.** Аналіз особливостей скарг і клінічної картини у хворих із сенсоневральною та комбінованою приглухуватістю після акубаротравми дозволяє вже на етапі первинного опитування з високою ймовірністю припустити характер ураження слухового аналізатора, що дає змогу цілеспрямовано планувати обсяг інструментального обстеження та своєчасно визначати показання до хірургічного лікування.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** акубаротравма, сенсоневральна приглухуватість, комбінована приглухуватість, вибухова травма, перфорація барабанної перетинки.

CLINICAL CHARACTERISTICS AND COMPLAINTS OF PATIENTS WITH AUDITORY SYSTEM DAMAGE AFTER BLAST INJURY

Kotov V.O.

State Institution
«O.S. Kolomiichenko
Institute of Otolaryngology
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of the study was to determine the features of complaints and clinical presentation in servicemen with sensorineural and combined hearing loss resulting from acoustic trauma sustained under combat conditions.
- **MATERIALS AND METHODS.** 98 servicemen with a diagnosis of acoustic trauma (blast injury) sustained under combat conditions were examined. History and complaint collection, endoscopic examination of the external auditory canal and tympanic membrane (Karl Storz endoscopic equipment, Germany), and pure-tone and speech audiometry (AC-40 audiometer, Interacoustics, Denmark) and tympanometry were performed (AT235H audiometer, Interacoustics, Denmark).
- **RESULTS.** According to the examination results, 37 patients (37.8%) had sensorineural hearing loss, and 61 patients (62.2%) had combined (mixed) hearing loss. Complaints in patients with sensorineural hearing loss were limited to hearing loss predominantly in the high-frequency range, diffuse tinnitus, and the phenomenon of loudness recruitment. In patients with combined hearing loss, the range of complaints additionally included a sensation of ear fullness, autophony, uniform hearing loss across the entire frequency range, and, occasionally, dizziness, pain, and ear discharge. Concomitant psycho-emotional disturbances — sleep disturbance, emotional lability, increased irritability, and rapid fatigability — were observed in 79.6% of patients. Within the structure of the conductive component of combined hearing impairment, tympanic membrane perforation accounted for 82%, while isolated ossicular chain disruption with an intact tympanic membrane accounted for 18%.
- **CONCLUSIONS.** Analysis of the features of complaints and clinical presentation in patients with sensorineural and combined hearing loss after acoustic trauma allows the nature of the auditory system lesion to be presumed with high probability already at the stage of the initial interview, which makes it possible to purposefully plan the scope of instrumental examination and to timely determine indications for surgical treatment.
- **KEYWORDS:** acoustic trauma, sensorineural hearing loss, combined hearing loss, blast injury, tympanic membrane perforation.

Акубаротравма — специфічне ушкодження слухового аналізатора, зумовлене дією вибухової чи акустичної хвилі надмірної інтенсивності, — залишається однією з найпоширеніших форм бойової травми в умовах сучасного збройного конфлікту. За даними ретроспективного аналізу структури бойової травми серед військовослужбовців Збройних Сил України, акубаротравма реєструється у 23,7% випадків бойової травми, а мінно-вибухова травма загалом становить понад 60% усього обсягу поранень [1]. За спостереженнями вітчизняних дослідників, частота двобічного ураження слухового аналізатора при сучасній бойовій акубаротравмі перевищує 60%, що пов'язують із широким застосуванням вибухових пристроїв відкритого типу, здатних формувати всеспрямовану ударну хвилю високої інтенсивності [2].

Патогенетично акубаротравма є гетерогенним станом: залежно від інтенсивності та напрямку дії вибухової хвилі ураження може обмежуватися виключно сенсорними структурами слухового аналізатора або поєднуватися з механічним ушкодженням звукопровідного апарату середнього вуха — розривом барабанної перетинки та/або порушенням цілісності ланцюга слухових кісточок. Перфорація барабанної перетинки є одним із найчастіших наслідків вибухового ураження й традиційно розглядається як маркер впливу вибухової хвилі достатньої інтенсивності: за даними систематичного огляду отологічних травм серед цивільних жертв терористичних вибухів, перфорація реєструється майже у 69% госпіталізованих постраждалих [3]. Разом з тим, ще у 2007 р. було показано, що наявність перфорації барабанної перетинки сама по собі не є надійним предиктором тяжкості супутнього ураження інших органів і систем, а отже характер ураження слухового аналізатора потребує окремої, самостійної діагностичної оцінки [4].

Сучасні українські дослідження на когорті військовослужбовців із травматичною перфорацією барабанної перетинки, отриманою в умовах бойових дій 2023–2024 рр., підтверджують, що площа й локалізація перфорації достовірно корелюють зі ступенем втрати слуху та величиною кістково-повітряного інтервалу, а своєчасна хірургічна корекція дозволяє суттєво покращити слухову функцію [5]. Патолофізіологічні механізми ізолюваного сенсоневрального ураження при акубаротравмі пов'язують передусім із дисфункцією зовнішніх волоскових клітин кортієвого органа внаслідок порушення

цілісності їхнього стереоциліарного пучка [6], а також із можливим розвитком кохлеарної синаптопатії — ушкодженням синаптичних контактів між волосковими клітинами та волокнами слухового нерва, яке здатне спричиняти суб'єктивні слухові скарги навіть за відсутності змін на стандартній тональній аудіограмі [7]. Однак, сучасні роботи свідчать про те, що при акубаротравматичному ураженні страждають усі відділи слухового аналізатора від рецептора до кори [9].

Попри значний обсяг накопичених даних щодо механізмів ураження слухового аналізатора при акубаротравмі, порівняльна клінічна характеристика скарг і об'єктивної картини у хворих з ізолюваною сенсоневральною та комбінованою (змішаною) приглухуватістю, отримана на репрезентативній вибірці постраждалих в умовах сучасної повномасштабної війни в Україні, у доступній науковій літературі висвітлена недостатньо.

Мета роботи визначити особливості скарг та клінічної картини у військовослужбовців із сенсоневральною та комбінованою приглухуватістю, які виникли внаслідок акубаротравми, отриманої в умовах бойових дій.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Обстежено 98 військовослужбовців з діагнозом акубаротравма (вибухова травма), яка отримана в умовах бойових дій. Усім пацієнтам проведено комплексне оториноларингологічне обстеження, яке включало збір скарг і анамнезу захворювання з уточненням механізму та терміну травми.

Ендоскопічний огляд зовнішнього слухового ходу та барабанної перетинки виконували за допомогою жорсткого ендоскопа фірми «Karl Storz» (Німеччина) з кутом огляду 0°, що дозволяло детально візуалізувати стан шкіри зовнішнього слухового ходу та барабанної перетинки, наявність перфорації, її розміри та локалізацію.

Тональну порогову та мовну аудіометрію проводили за допомогою аудіометра AC-40 («Interacoustics», Данія), тимпанометрію за допомогою тимпанометра AT235 («Interacoustics», Данія), що забезпечувало оцінку порогів слухової чутливості за повітряною та кістковою провідністю, а також стану звукопровідної системи середнього вуха й рухливості барабанної перетинки.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за загальноприйнятими методами варіаційної статистики з використанням від-

носних величин (відсотків) для характеристики структури обстеженого контингенту за клінічними групами та типом виявлених порушень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами комплексного обстеження пацієнти були розподілені на дві клінічні групи залежно від характеру ураження слухового аналізатора: 37 хворих (37,8%) мали ізольовану сенсоневральну приглухуватість, тоді як у 61 хворого (62,2%) діагностовано комбіновану (змішану) приглухуватість, зумовлену поєднанням сенсоневрального компонента з механічним ушкодженням звукопровідного апарату середнього вуха.

Таким чином, комбінована форма ураження слуху виявилася майже вдвічі частішою за ізольовану сенсоневральну, що узгоджується із загальним уявленням про акубаротравму як про комплексне, багаторівневе ураження, при якому механічна дія вибухової хвилі рідко обмежується лише внутрішнім вухом, слуховим нервом та центральними відділами слухового аналізатора без залучення структур середнього вуха [3, 4].

Це також відображає існуючу тенденцію, що на лікування частіше спрямовуються пацієнти з ушкодженнями барабанної перетинки як видимої, об'єктивної ознаки акубаротравми, тоді як для уточнення діагнозу при сенсоневральних порушеннях необхідне застосування інструментальних методів обстеження, що не завжди досяжно на ранніх етапах медичної евакуації.

Аналіз скарг та даних анамнезу дозволив виявити чіткі клінічні відмінності між обома групами постраждалих, які значною мірою відображають різницю в патогенетичному механізмі ураження. Пацієнти з ізольованим сенсоневральним компонентом порушення слуху скаргилися переважно на зниження слуху, особливо виражене у діапазоні високих частот, шум у вухах (більшість таких хворих описували цей шум не як локалізований у пошкодженому вусі, а як розлитий, що сприймається «в голові»), а також на різке, дискомфортне сприйняття гучних звуків, що є класичним проявом феномена рекрутменту — патологічно швидкого наростання гучності звуку зі збільшенням його інтенсивності, яке вважається специфічною ознакою рецепторного ураження слухового аналізатора [8].

У пацієнтів з комбінованим порушенням слуху, зумовленим поєднанням сенсоневрального компонента з наявністю перфорації барабанної перетинки та/або розривом ланцюга

слухових кісточок, спектр скарг був суттєво ширшим. Окрім усіх вищезазначених симптомів, характерних для сенсоневральної приглухуватості, ці хворі додатково відзначали відчуття розпирання та закладеності в ураженому вусі, аутофонію (посилене сприйняття власного голосу), зниження слуху рівномірно по всьому діапазону частот (а не вибірково у високочастотній ділянці), та періодичне головокружіння. У частини пацієнтів спостерігалися виділення з вуха та біль у вусі. Наявність цих додаткових симптомів — аутофонії, відчуття закладеності механічного характеру, а в гострому періоді й больового синдрому з можливими виділеннями — є клінічно значущим диференціальним маркером, що дозволяє запідозрити залучення кондуктивного компонента ще до проведення інструментального обстеження.

Окремої уваги заслуговує високий рівень психоемоційних і вегетативних порушень серед обстежених військовослужбовців: 78 хворих (79,6%) незалежно від типу приглухуватості відмічали погіршення сну, емоційну лабільність, підвищену дратівливість та швидку втомлюваність. Такий високий відсоток супутніх психоемоційних скарг підкреслює, що акубаротравма, отримана в реальних бойових умовах, є не ізольованою отологічною патологією, а комплексним станом, тісно пов'язаним із загальним психофізіологічним станом постраждалого та функціональним станом ЦНС. Такий висновок узгоджується з даними інших вітчизняних досліджень, які демонструють, що для повноцінної оцінки постраждалого з акубаротравмою необхідно враховувати не лише стан власне слухової системи, а й зміни в психо-емоційній сфері та дані суміжних органів і систем [9], а хронічний тиннітус і пережитий бойовий досвід самі по собі є вагомими психотравмуючими чинниками, здатними підтримувати тривожні розлади та порушення сну [10]. Це підкреслює необхідність міждисциплінарного підходу до ведення таких пацієнтів.

Ендоскопічне дослідження барабанної перетинки у хворих з комбінованою приглухуватістю у 50 пацієнтів (82%) виявляло типову картину посттравматичної центральної або субтотальної перфорації (рис. 1) — з рівними або дещо нерівними краями, без ознак активного запалення. У 11 хворих (18%) під час ендоскопічного огляду барабанна перетинка була цілою, рубцево-зміненою; після проведення тимпанометрії отримано тип Ad, що свідчить про розрив ланцюга слухових кісточок за умо-

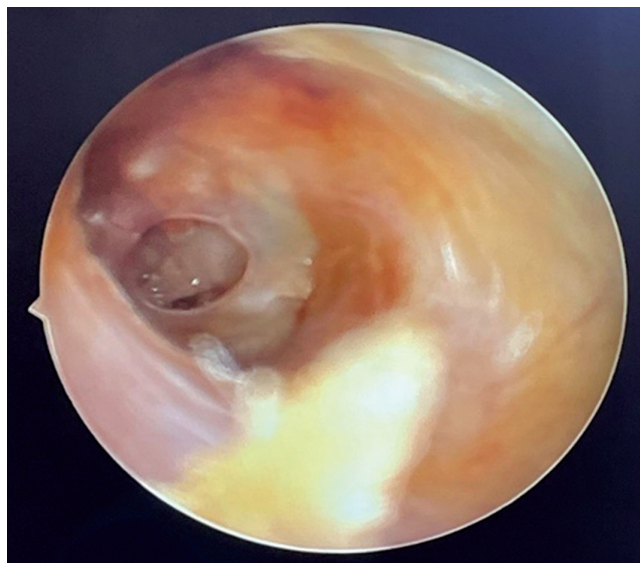


Рис. 1. Типова ендоскопічна картина пацієнта з посттравматичною центральною перфорацією барабанної перетинки

ви цілісної барабанної перетинки — добре задокументована в літературі закономірність: аномально висока акустична піддатливість при нормальному тиску в барабанній порожнині класично асоціюється саме з розривом ланцюга слухових кісточок або атрофією барабанної перетинки [11]. Наявність та локалізація подібної перфорації, поряд з даними аудіометрії та тимпанометрії, слугували одним з ключових критеріїв при визначенні подальшої лікувальної тактики, зокрема показань до хірургічного лікування.

Аудіометрична картина у хворих з комбінованою приглухуватістю (рис. 2), на відміну від сенсоневрального порушення, характеризувалася підвищенням порогів слуху як за повітряною, так і за кістковою провідністю, з наявністю кістково-повітряного інтервалу — характерної ознаки залучення кондуктивного компонента. У значної частини обстежених ураження мало двобічний характер, що узгоджується із загальновідомою закономірністю: вибухова хвиля, поширюючись у просторі, як правило, впливає одночасно на обидва вуха постраждалого, хоча й не завжди з однаковою інтенсивністю [2].

У хворих з сенсоневральною приглухуватістю під час ендоскопічного огляду зовнішнього слухового проходу барабанна перетинка (рис. 3) залишалася інтактною — без ознак перфорації, гемотимпануму чи інших видимих механічних ушкоджень, що підтверджує локалізацію патологічного процесу на рівні внутрішнього

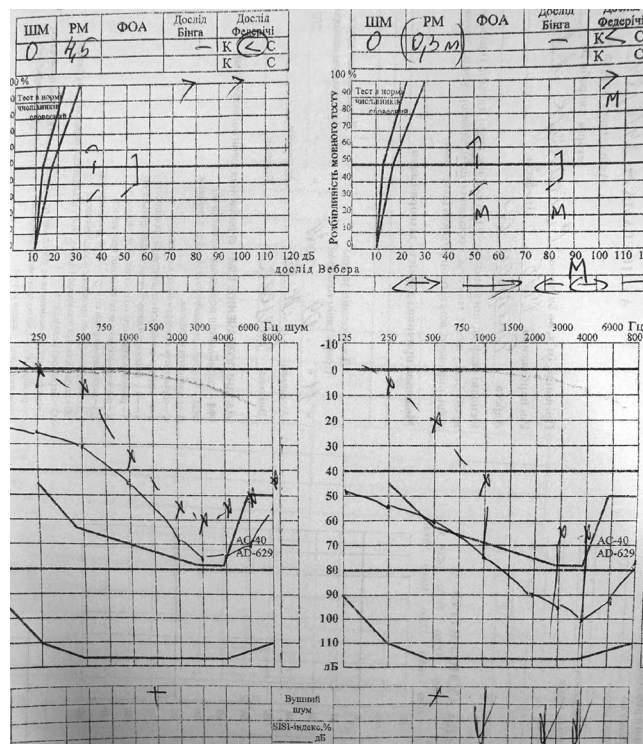


Рис. 2. Тональна порогова аудіометрія пацієнта з двобічною комбінованою приглухуватістю після акубаротравми



Рис. 3. Ендоскопічний огляд зовнішнього слухового проходу та барабанної перетинки пацієнта з сенсоневральною приглухуватістю після акубаротравми

вуха, слухового нерва та центральних відділів слухового аналізатора без залучення структур середнього вуха.

Аудіометрична крива у пацієнтів цієї групи (рис. 4) демонструвала характерне вибіркове

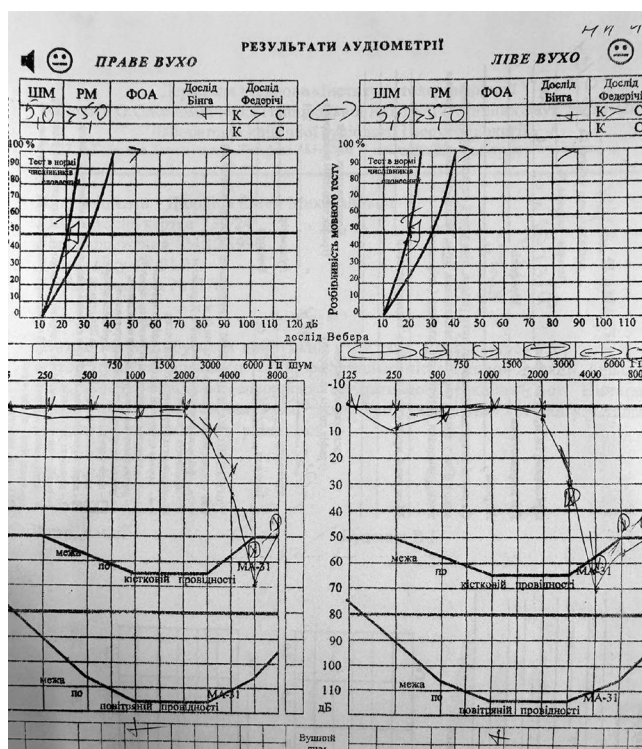


Рис. 4. Типова аудіометрія пацієнта з сенсоневральною приглухуватістю після акубаротравми.
Наявний типовий акутравматичний зубець

зниження порогів слуху у діапазоні високих частот з формуванням типового «акутравматичного зубця» — аудіометричної ознаки, яка вважається патогномонічною саме для акустичного/вибухового ураження завитки і відображає вибіркочувствителі базальних відділів кортієвого органа до механічного та ішемічного пошкодження [6]. На відміну від аудіограми при комбінованому ураженні, кістково-повітряний інтервал у цієї категорії хворих був відсутній, що додатково підтверджувало виключно сенсоневральний характер порушення слуху.

Виявлена структура механізму комбінованого ураження заслуговує окремої уваги: у переважної більшості хворих (81,9%) причиною кондуктивного компонента була класична перфорація барабанної перетинки, тоді як у меншій, але клінічно значущій частині пацієнтів (18,0%) кондуктивна приглухуватість була зумовлена ізолюваним розривом ланцюга слухових кісточок за умови збереженої цілісності барабанної перетинки. Ця друга категорія хворих становить особливий діагностичний виклик, оскільки за відсутності видимої перфорації клініцист може недооцінити тяжкість ураження структур середнього вуха, спираючись виключно на дані отоскопії чи ендоскопії;

саме тому обов'язкове застосування тимпанометрії в діагностичному алгоритмі є критично важливим для своєчасного виявлення прихованого ушкодження осигулярного ланцюга [11].

Таким чином, отримані дані свідчать, що клінічна картина та скарги хворих з акубаротравмою істотно варіюють залежно від того, чи обмежується ураження виключно сенсорними структурами внутрішнього вуха, чи поєднується з механічним ушкодженням звукопровідного апарату середнього вуха. Це має безпосереднє практичне значення: вже на етапі первинного збору скарг досвідчений отоларинголог може з високою ймовірністю припустити характер ураження ще до проведення інструментального обстеження, що дозволяє оптимізувати діагностичний алгоритм та своєчасно визначити подальшу лікувальну тактику, включно з показаннями до хірургічного втручання.

ВИСНОВКИ

1. Серед 98 обстежених військовослужбовців з акубаротравмою ізолювана сенсоневральна приглухуватість діагностована у 37 хворих (37,8%), комбінована (змішана) приглухуватість — у 61 хворого (62,2%), що майже вдвічі частіше. У структурі кондуктивного компонента комбінованого ураження перфорація барабанної перетинки становила 81,9% (50 хворих), ізолюваний розрив ланцюга слухових кісточок за інтактною барабанною перетинкою — 18,0% (11 хворих).

2. Скарги хворих з ізолюваною сенсоневральною приглухуватістю обмежувалися зниженням слуху переважно у височастотному діапазоні, дифузним шумом у вухах («у голові») та феноменом рекрутменту. У хворих з комбінованою приглухуватістю спектр скарг був суттєво ширшим і додатково включав відчуття розпирання й закладеності вуха, аутофонію, рівномірне зниження слуху по всьому частотному діапазону, головокружіння, а в частини хворих — біль і виділення з вуха; 79,6% хворих обох груп відзначали супутні психоемоційні порушення.

3. Клінічна картина комбінованої приглухуватості об'єктивно підтверджувалася наявністю перфорації барабанної перетинки або тимпанометричного типу Ad і кістково-повітряного інтервалу на аудіограмі, тоді як при сенсоневральній приглухуватості барабанна перетинка залишалася інтактною, а аудіометрична крива демонструвала типовий «акутравматичний зубець» без кістково-повітряного інтервалу.

4. Аналіз скарг і клінічної картини у хворих із сенсоневральною та комбінованою приглухуватістю після акубаротравми дозволяє на ранньому етапі з високою ймовірністю визначити характер ушкодження слухового аналізатора, що в свою чергу дозволяє оптимізувати діагностичний алгоритм та визначити подальшу лікувальну тактику.

REFERENCES

1. Halushka AM, Podolyan YuV, Shvets AV, Gorshkov OO. Osoblyvosti boiovoho travmuвання, shcho suprovodzhualosia akubarotravmoiu u viiskovosluzhbovtiv-uchasnykiv boiovykh dii [Features of combat injuries accompanied by acubarotrauma in servicemen participating in hostilities]. *Military Medicine of Ukraine*. 2019;19(3):56–66. Ukrainian.
2. Shydlovska TA, Shevtsova TV, Gvozdetskiy VA, Navalkivska NY. Pokaznyky subiektyvnoi audiometrii u osib, yaki otrymaly povturnu akubarotravmu v zoni provedennia boiovykh dii [Subjective audiometric measures in individuals with repeated acoustic trauma in the combat zone]. *Otorhinolaryngology*. 2024;7(4-6):19–26. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.37219/2528-8253-2024-4-6-3>
3. Debenham L, Khan N, Nouhan B, Muzaffar J. A systematic review of otologic injuries sustained in civilian terrorist explosions. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2024;281(5):2223–33. doi: <https://doi.org/10.1007/s00405-023-08393-z>
4. Xydakis MS, Beberta VS, Harrison CD, Conner JC, Grant GA, Robbins AS. Tympanic-membrane perforation as a marker of concussive brain injury in Iraq. *N Engl J Med*. 2007;357(8):830–1. doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMc076071>
5. Barylyak R, Skarżyński PH, Deja P, Kołodziejak A, Horoliuk DO, Skarżyński H. Audiological and middle ear outcomes in Ukrainian soldiers with traumatic tympanic membrane perforation. *Med Sci Monit*. 2025;31:e948326. doi: <https://doi.org/10.12659/MSM.948326>
6. Niwa K, Mizutani K, Matsui T, Kurioka T, Matsunobu T, Kawauchi S, et al. Pathophysiology of the inner ear after blast injury caused by laser-induced shock wave. *Sci Rep*. 2016;6:31754. doi: <https://doi.org/10.1038/srep31754>
7. Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after «temporary» noise-induced hearing loss. *J Neurosci*. 2009;29(45):14077–85. doi: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2845-09.2009>
8. Shi L, Zhao R, Li X, Sun W, Liu X. A review of the neurobiological mechanisms that distinguish between loudness recruitment and hyperacusis. *Med Sci Monit*. 2022;28:e936373. doi: <https://doi.org/10.12659/MSM.936373>
9. Shydlovska TA, Petruk LG. *Acoustic trauma in zone of combat actions*. Medical care for sensorineural hearing impairment: diagnostics, treatment, phasing, prevention. Kyiv: Logos; 2020. 80 p.
10. Mohammed HAO, Reavis KM, Thapa S, Thielman EJ, Helt WJ, Carlson KF, et al. Blast exposure, tinnitus, hearing loss, and postdeployment quality of life in U.S. veterans: a longitudinal analysis. *Otol Neurotol*. 2024;45(10):1204–11. doi: <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000004332>
11. Campbell E, Tan NC. Ossicular-chain dislocation. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [updated 2023 Jul 31; cited 2026 Aug 2]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560621/>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Вдосконалення лікування, експертизи і реабілітації пацієнтів з бойовою акубаротравмою», що фінансується Національною академією медичних наук України, № держреєстрації 0123U105078.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

КОТОВ Володимир: оригінальний проєкт, формальний аналіз, дослідження, методологія.
ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8979-8681>
e-mail: v.kotov.ent@gmail.com

Отримано: 03.08.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

The research was carried out within the framework of the R&D project «Improving the treatment, expert evaluation, and rehabilitation of patients with combat-related acoustic barotrauma», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0123U105078.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

No generative artificial intelligence was used in writing the article.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KOTOV Volodymyr: conceptualization, data curation, writing — original draft, formal analysis, investigation, methodology.
ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8979-8681>
e-mail: v.kotov.ent@gmail.com

Received: 03.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



COMPREHENSIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SORBENTS BASED ON IMMOBILIZED HYDROCARBON-OXIDIZING BACTERIAL STRAINS (FIELD AND LABORATORY STUDIES)

Kulahin O.O.,
Shevchenko O.A.,
Kramarova Yu.S.,
Shtepa O.P.,
Shchudro S.A.

Dnipro State
Medical University,
Dnipro, Ukraine

- Environmental contamination by petroleum products, which in modern Ukraine has assumed a catastrophic military nature due to damage to critical infrastructure, poses a threat of nationwide ecocide. The high toxicity and carcinogenicity of petroleum hydrocarbons migrating through trophic chains necessitate the implementation of effective "green" accelerated biodegradation technologies using sorbents with microorganism-degraders.
- **OBJECTIVE.** To evaluate the effectiveness of a biopreparation based on an oil-absorbing sorbent with immobilized active strains of hydrocarbon-oxidizing actinobacteria (*Dietzia maris*, *Gordonia rubripertincta*, *Rhodococcus erythropolis*) under various application algorithms, and to compare the degree of petroleum hydrocarbon biodegradation under laboratory and field conditions.
- **MATERIALS AND METHODS.** Studies were conducted under laboratory (modeling) and field (in situ) conditions at industrial power substation sites in Dnipro. Sanitary-chemical analyses of oil content (transformer and waste motor oils) were performed using gravimetric and IR spectroscopic methods. Microbiological parameters were assessed using plating and culture techniques on selective media. Statistical processing of data was carried out using SPSS 16.0 and STATISTICA 8.0 software packages.
- **RESULTS.** In the field experiment under conditions of severe initial contamination (up to 94,700.0 mg/kg) and application of an integrated algorithm (biosorbent application of 2–4 kg/m², loosening to a depth of 40 cm, and moistening up to 60%), the degree of transformer oil biodegradation reached 83.4–97.9% after 9 months. Under laboratory conditions (ex situ), autonomous treatment of waste motor oil without moistening or nutrient maintenance ensured reliable spatial localization of the spill (at sorbent doses of 60–80% of the pollutant mass), but the total hydrocarbon elimination after 180 days reached only 10.1–21.8% due to moisture and nutrient deficiencies.
- **CONCLUSIONS.** The evaluated biopreparation demonstrates high bioremediation potential; however, the rate and extent of biodegradation critically depend on environmental conditioning. To achieve the full metabolic potential of immobilized strains, adherence to protocols involving aeration, moistening, and nutrient supplementation is mandatory.
- **KEYWORDS:** *sorbents; bioremediation, petroleum, bacteria, cells, immobilized, soil pollutants, environmental restoration technologies.*

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ ІММОБІЛІЗОВАНИХ ВУГЛЕВОДНЕВО-ОКИСНЮВАЛЬНИХ ШТАМІВ БАКТЕРІЙ (НАТУРНІ ТА ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Кулагін О.О.,
Шевченко О.А.,
Крамарьова Ю.С.,
Штепа О.П.,
Щудро С.А.

Дніпровський державний
медичний університет,
м. Дніпро, Україна

- Забруднення довкілля нафтопродуктами, яке в сучасній Україні набуло катастрофічного воєнного характеру через ураження об'єктів критичної інфраструктури, створює загрозу загальнонаціонального екоциду. Висока токсичність та канцерогенність нафтових вуглеводнів, що мігрують трофічними ланцюгами, потребують впровадження ефективних «зелених» технологій прискореної біодеструкції за допомогою сорбентів із мікроорганізмами-деструкторами.
- **МЕТА.** Визначити ефективність біопрепарату на основі нафтопоглинального сорбенту з іммобілізованими активними штамми вуглеводнево-окиснювальних актинобактерій (*Dietzia maris*, *Gordonia rubripertincta*, *Rhodococcus erythropolis*) за різних алгоритмів застосування та порівняти ступінь біодеструкції нафтопродуктів у лабораторних і натурних умовах.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Дослідження проводили у лабораторних (науково-модельних) та натурних (in situ) умовах на промислових майданчиках електропідстанцій м. Дніпро. Санітарно-хімічні аналізи вмісту нафтопродуктів (трансформаторної та відпрацьованої моторної оливи) виконували гравіметричним та ІЧ-спектрометричним методами. Оцінку мікробіоценозу здійснювали за допомогою мікробіологічних методів посіву та вирощування на вибіркових середовищах. Статистичну обробку результатів проводили з використанням програм SPSS 16.0 та STATISTICA 8.0.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** У натурному експерименті за умов високого вихідного забруднення (до 94 700,0 мг/кг) та застосування комплексного алгоритму (внесення біосорбенту 2–4 кг/м², розпушування на 40 см, зволоження до 60%) ступінь біодеструкції трансформаторної оливи через 9 місяців досяг 83,4–97,9%. У лабораторних умовах (ex situ) автономна обробка відпрацьованої моторної оливи без зволоження та агротехнічного обслуговування забезпечила стабільну просторову локалізацію розливу (при дозах сорбенту 60–80% від маси політанту), але кінцева деградація вуглеводнів за 180 діб становила лише 10,1–21,8% через дефіцит вологи та біогенів.

- **ВИСНОВКИ.** Досліджений біопрепарат має високий потенціал біоремедіації, проте швидкість і повнота біодеструкції критично залежать від кондиціонування середовища. Для реалізації повного метаболічного потенціалу іммобілізованих штамів є обов'язковим дотримання регламенту із забезпечення аерації, зволоження та внесення додаткових біогенних елементів.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сорбенти, біоремедіація, нафтові забруднення, бактерії, іммобілізовані клітини, ґрунтові забруднювачі, технології відновлення довкілля.

INTRODUCTION

Environmental pollution caused by oil and oil products (OP) remains one of the most pressing environmental and health issues of our time. The high toxicity, bioaccumulative potential and long-term persistence of these compounds in the environment (soil, groundwater and surface water) pose a direct threat to ecosystems and human health. Crude oil is a complex mixture of hydrocarbons, among which polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (the BTEX complex) pose a particular danger.

When oil products enter the soil, they disrupt its structure, inhibit the vital functions of the indigenous microflora and block self-purification processes. Recent studies confirm that the hydrophobic nature of petroleum hydrocarbons leads to their persistent sorption by the soil matrix, making them long-term sources of secondary pollution of atmospheric air (through evaporation) and adjacent aquifers [1, 2].

Whilst, on a global scale, chronic oil pollution of ecosystems has traditionally been linked to operational spills during extraction, accidents on ageing main pipelines or logistical failings within the industry, in modern-day Ukraine this environmental problem has taken on a catastrophic, war-related character. Systematic and targeted strikes on critical infrastructure — oil depots, oil refineries and major industrial hubs (in particular, there are documented cases of large-scale disasters at fuel storage facilities in the Kyiv, Zhytomyr, Rivne and Dnipropetrovsk regions, as well as in Kharkiv, and an attack on the Dnipro Hydroelectric Power Station) — have transformed local incidents into a threat of nationwide ecocide.

According to monitoring data and consolidated analysis from the «Slovo i Dilo» portal (based on verified information from the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources and the State Environmental Inspection of Ukraine), the total environmental damage caused by the hostilities has now exceeded the critical threshold of 126 billion euros. Within the breakdown of these losses, the consequences of damage to fuel infrastructure rank among the most significant. For instance, as a result of large-scale fires, over 4.1 million tonnes

of burnt petroleum products were released into the atmosphere, accompanied by the deposition of toxic particulates and the subsequent accumulation of soot, oxides and benzo(a)pyrene in the upper soil layers. Specifically, the area of chemically verified contaminated soil in the country reached 1.4 million square metres, whilst the total damage to the land fund caused by littering and pollution is estimated at 26.4 billion euros [3–5].

From the perspective of preventive medicine, the greatest danger lies in the ability of petroleum components to migrate through food chains. Many of these compounds have proven carcinogenic, mutagenic and endocrine-disrupting properties. Benz(a)pyrene and other PAHs are officially classified by the WHO and the International Agency for Research on Cancer (IARC) as Group 1 carcinogens. Even at low concentrations, when ingested over a prolonged period (via drinking water or food), petroleum products can cause dysfunction of the hepatobiliary, immune and nervous systems [6].

The scale and duration of this negative impact call for a fundamental review of traditional approaches to the comprehensive assessment of the environmental condition of affected areas. The search for and implementation of high-tech, environmentally safe and economically viable methods for the remediation of oil pollution are becoming particularly important. Traditional physico-chemical remediation methods (soil excavation, incineration, chemical oxidation) are costly, energy-intensive and often lead to secondary disruption of the ecological balance. In this regard, the focus of modern medical ecology is on the development of green technologies, in particular remediation (biodegradation) using effective strains of degrading microorganisms and environmentally safe sorbents.

In Ukraine, biosorbents such as «Ekolan-M», «Ekonadin», «Rodex-T», «Deivorol», «Putidoil», «Destroyl», «Desna» and «Rodoil» have come into widespread use. These sorbents belong to the class of biodestructive sorbents, which are capable of localising oil pollution and breaking down adsorbed petroleum products using biological methods.

The degradation of petroleum products occurs through the breakdown, by microorganisms, of

the complex hydrocarbon components of crude oil into less toxic substances, which they utilise as a source of nutrition. Such microorganisms adsorb onto the surface of petroleum products and then absorb them through their cell membranes. Within the cells of the microorganisms, complex hydrocarbons are broken down into simpler compounds, such as fatty acids, alcohols and others. The breakdown products are released from the cells into the environment, where they can subsequently be broken down by other microorganisms that form part of the microbial community in the water body or soil, down to the simplest inorganic compounds. An important condition for the effectiveness of bioremediation processes is the maintenance of optimal environmental parameters for the growth of microorganisms, in particular: the presence of oxygen (for aerobic microorganisms); the presence of essential accompanying nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium); the presence of trace elements; stable temperature and humidity corresponding to the optimal conditions for specific microorganisms [7–10].

In view of this, the search for and justification of highly effective, environmentally safe, integrated methods for the accelerated biodegradation of petroleum hydrocarbons is a pressing issue in modern hygiene and ecology.

The objective of the study to determine the effectiveness of a biological preparation based on an oil-absorbing sorbent containing immobilised active strains of hydrocarbon-oxidising actinobacteria of the species *Dietzia maris*, *Gordonia rubripertincta*, *Rhodococcus erythropolis* under various application protocols, and to compare the degree of biodegradation of petroleum products under laboratory and field conditions.

MATERIALS AND METHODS

To achieve the set objective and address specific tasks identified in the study, a comprehensive methodological approach was employed, which involved the following groups of research methods: sanitary-chemical and analytical methods — to determine the initial and residual content of petroleum products (transformer and motor oils, diesel fuel) in soil and biosorbent (gravimetric method, infrared spectroscopy); microbiological methods — for qualitative and quantitative analysis of the state of the microbiocenosis during bioremediation (ultrasonic disintegration method, limit dilution method on solid media, most probable number method on liquid mineral media); statistical analysis methods — to ensure the reliability of

the results obtained, assess data variability and determine the significance of differences between experimental and control groups. The data obtained were processed using the SPSS 16.0 software package, MS Excel v.8.0.3 and the STATISTICA 8.0 software package with an open licence for non-commercial use.

The study of the destructive activity of the biological agent under investigation in natural conditions (in situ experiment and assessment of initial contamination) was carried out at industrial sites of power substations in the city of Dnipro. These sites were characterised by systematic anthropogenic (technogenic) load in the form of contamination with transformer oil (TO) resulting from draining and refilling operations, as well as from chronic fluid leaks through leaks and gaps at the joints of structural elements and units.

To carry out an initial assessment of the extent of environmental and sanitary-hygienic problems in the area, prior to the application of the bio-agent, the representative spot sampling method was used. In accordance with current regulatory requirements, nine soil samples were collected using the «envelope» method to determine the initial concentration of petroleum products (PP) in the contaminated layers of the industrial sites. Quantitative analysis of the petroleum products content in the collected samples was carried out using the gravimetric method in accordance with *Measurement Procedure No. 081/12-0116-03 «Soils. Procedure for measuring the mass fraction of petroleum products by the gravimetric method»*.

In order to intensify mass transfer processes, optimise the air-water regime and ensure aerobic conditions for the activity of degrading microorganisms, a mechanical aeration method was applied: the contaminated areas were loosened to a depth of 40 cm and subsequently moistened until optimal soil moisture parameters were achieved (60 per cent of full moisture capacity). Simultaneously with the loosening process, a biological preparation was applied uniformly at a rate of 2–4 kg/m² [11].

To determine the optimal parameters for the spatial retention (localisation) of petroleum products and to assess the potential for their subsequent biodegradation, a series of laboratory experiments was carried out (*laboratory modelling of the processes of localisation and autonomous degradation of petroleum products*). The experimental design involved three variants of the 'sorbent/petroleum products' mass ratio: the addition of biosorbent in amounts of 40 per cent, 60 per cent and 80 per cent

of the total mass of the pollutant. Used engine oil (UEO) with a fixed mass of 100 g was used as a model ecotoxificant. According to preliminary calculations, the surface area of a free spill of this quantity of fluid on a dense substrate is approximately 0.10 m².

A key methodological decision was to recreate laboratory modelling conditions that were as close as possible to real-life scenarios for the clean-up of accidental spills (in situ) at industrial sites. The modelling was carried out on a solid surface, which had been pre-covered with a waterproofing material (polyethylene wrap) to prevent the vertical migration (seepage) of hydrocarbons.

The biological agent was applied in accordance with the manufacturer's technical recommendations. The composite sorbent was initially applied along the outer edge of the spill (extending 0.5–1.0 cm beyond its boundaries to prevent lateral spread), with a gradual concentric shift towards the centre until the entire contaminated area was completely covered.

Following completion of the primary sorption phase (24 hours after contact), experimental models of conical mounds (cone-shaped piles) were mechanically formed from the resulting organo-mineral mixture (used engine oil + sorbent). In accordance with the research programme, no additional components (structure-forming agents, soil conditioners or mineral fertilisers) were deliberately added to the mixture, and the substrate was not artificially moistened, in order to assess the preparation's autonomous capacity and potential for self-regulation. To maintain a minimum aerobic condition inside the mounds, the mixture was subjected to thorough mechanical mixing (aeration) at intervals of once every 14 days.

In this experiment, the residual content of petroleum products in the mass of the biosorbent was quantified over time at 2, 30 and 180 days from the start of the experiment using the gravimetric method, in accordance with Methodology No. 081/12-0724-10 «Waste. Methodology for measuring the mass fraction of petroleum products (non-polar hydrocarbons) using the gravimetric method».

RESULTS AND DISCUSSION

Field experiment (*in situ*) and assessment of the dynamics of the reduction in initial contamination. The exposure of the biological agent under investigation to natural conditions lasted for nine months. Following this period, nine soil samples were collected for monitoring purposes with a view to conducting a comprehensive assess-

ment of the degradation dynamics of petroleum products (PPs).

Laboratory and analytical studies have shown that, within the industrial sites of power substations, the transformer oil (TO) content in all samples analysed—taken both from the top 30 cm layer as well as from the deeper 30–60 cm layers of the soil profile, had undergone a significant reduction compared with the baseline data.

In particular, the residual content of PP in the samples studied ranged from 895.52 mg/kg (sample No. 2) to 3,988.03 mg/kg (sample No. 5). The average data showed a clear trend towards the elimination of hydrocarbons: in samples No. 1 and No. 7, the residual content was approximately 1,984.00 mg/kg and 1,988.07 mg/kg respectively; in samples No. 4 and No. 6 — around 2,994.01 mg/kg and 2,985.07 mg/kg; samples No. 3 and No. 8 showed values of 3,984.06 mg/kg and 996.01 mg/kg respectively (*Table 1*).

These figures indicate that the preparation has a high destructive capacity, as the residual amount of PP relative to the initial contamination level did not exceed 16.6 per cent in any of the cases.

Numerous environmental and hygiene studies have scientifically demonstrated that when petroleum products migrate into deeper layers of the soil profile — 30–60 cm or more — an oxygen deficiency arises and the conditions for self-purification deteriorate. It has also been established that, given the nature of this ecological effect, the most technologically sound approach is the use of consortia of degrading microorganisms immobilised on an oil-absorbing sorbent. This formulation design ensures a prolonged effect, enables «targeted» delivery of the bioagent to the required depth within the ecotope, and allows its destructive impact to be reduced with sufficient precision.

Thus, the results of the field experiment demonstrated that the biological preparation under investigation exhibits pronounced destructive activity even under conditions of a critical level of anthropogenic oil pollution (up to 94,700.0 mg/kg), ensuring a reduction in the concentration of transformer oil 9 months after introduction to a level of 4.2–16.6 per cent relative to the initial values [11].

Laboratory modelling of the processes of localisation and autonomous degradation of used engine oil. Visual and laboratory monitoring of the geometric parameters of the formed mixtures showed that a dosage of 40 per cent by mass of the pollutant is insufficient for reliable spatial localisation of petroleum products. In this scenario, secondary seepage and desorption-induced spreading of engine oil onto the adjacent surface beyond

Table 1. Changes in the concentration of transformer oil in the soil of industrial sites under field experiment (*in situ*) conditions

Soil sample number	Sampling depth (cm)	Initial PP concentration (mg/kg)	Residual content of PP after 9 months (mg/kg)	Proportion of PP in stock (%)	Degree of biodegradation (%)
Sample № 1	0–30	94,700.0	1,984.00	2.10	97.90
Sample № 2	0–30	23,800.0	895.52	3.76	96.24
Sample № 3	30–60	24,000.0	3,984.06	16.60	83.40
Sample № 4	0–30	45,000.0	2,994.01	6.65	93.35
Sample № 5	30–60	24,000.0	3,988.03	16.62	83.38
Sample № 6	0–30	35,000.0	2,985.07	8.53	91.47
Sample № 7	0–30	32,000.0	1,988.07	6.21	93.79
Sample № 8	0–30	23,800.0	996.01	4.18	95.82
Sample № 9	30–60	28,000.0	1,850.20	6.61	93.39
M ± m	—	36,700.0 ± 7,420.0	2,407.22 ± 388.40	7.92 ± 1.75	92.08 ± 1.75

Note: The baseline contamination levels are based on background monitoring of power substation sites. The remediation process involved the application of a biosorbent (2–4 kg/m²), mechanical aeration (loosening to a depth of 40 cm) and moistening (to 60 per cent of water-holding capacity).

the primary boundary were observed. For this reason, the investigation of samples containing 40 per cent sorbent was discontinued on day 180, as this system configuration proved to be technically unfeasible.

In contrast, the use of the biological agent in quantities of 60 per cent and 80 per cent of the mass of used engine oil ensured the effective retention of petroleum products within the structure of the formed conical embankment, establishing stable spatial boundaries for the waste and demonstrating the system's full technical capability regarding the spatial containment of the spill.

An analysis of the destructive potential of the introduced preparation revealed a moderate decline in hydrocarbon concentration at the intermediate stages of the experiment. On the 30th day of exposure, a reduction in the content of PP was recorded compared with the initial data obtained on the 2nd day: in the variant using 60 per cent sorbent by mass of the pollutant, the concentration decreased from 404.6 g/kg to 364.6 g/kg, and in the variant using 80 per cent sorbent, it fell from 439.6 g/kg to 342.9 g/kg.

However, between days 30 and 180, a marked stabilisation of the process was observed, with the concentration reaching a steady state: the NP concentration remained virtually unchanged, standing at 363.8 g/kg for 60 per cent sorbent and 343.9 g/kg for 80 per cent sorbent. An overall assessment of the preparation's effectiveness over the entire 180-day observation period showed that the net degradation (elimination) of PP in samples containing 60 per cent and 80 per cent sorbent amounted to

only 10.1 per cent and 21.8 per cent of the initial level, respectively (*Table 2*).

Such a slow rate of biodegradation over a prolonged period is attributable to limiting environmental factors. As the experiment was conducted in an autonomous mode — without artificial humidification or optimisation of the salt (nitrogen-phosphorus) balance — the metabolic activity of the immobilised degrading microorganisms was limited by a deficiency of moisture and biogenic elements. This led to the inhibition of the prolonged phase of biodegradation of the heavy, hard-to-access fractions of engine oil.

For a more accurate interpretation of the results we have obtained and a better understanding of the potential limits of the effectiveness of the technology for the biodegradation of petroleum products using a system of hydrocarbon-oxidising microorganisms immobilised on a sorbent, it is appropriate to present data from a similar experiment conducted under conditions of minor soil contamination, including the necessary details of the experimental conditions in this case [12]. The experiments were carried out under laboratory conditions using air-dried sod-podzolic soil, to which moderate amounts (1 per cent and 5 per cent) of crude oil, or 5 per cent of diesel fuel (DF), were added separately. The soil samples were additionally fertilised with NPK) at a rate of 0.65 g/kg of soil for 1 per cent contaminant and 2.65 g/kg for 5 per cent. The initial cell count of hydrocarbon-oxidising bacteria in the preparation was at least 1×10^6 cells/g of soil. Control samples consisted of clean and contaminated soil without the addition of the biologi-

**Table 2. Trends in the degradation of used motor oil (UMO)
under conditions of an autonomous laboratory test (*ex situ*)**

Experimental variant (sorbent dose)	PP content on the 2 nd day (g/kg)	PP content on the 30 th day (g/kg)	PP content on day 180 (g/kg)	Overall elimination of PP over 180 days (%)	Technical assessment of the spill's location
40 per cent of the mass of the UMO	412.5 ± 12.1	398.0 ± 11.4	—	—	Unsatisfactory (desorption spreading)
60 per cent of the mass of the UMO	404.6 ± 8.5	364.6 ± 7.2	363.8 ± 6.9	10.1%	Effective (secure retaining wall)
80 per cent of the mass of the UMO	439.6 ± 9.2	342.9 ± 6.8	343.9 ± 6.4	21.8%	High (complete localisation of the spill)

Note: The study of the 40 per cent variant on day 180 was terminated due to secondary fluid seepage. The experiment was conducted in autonomous mode (without artificial humidification or the introduction of additional sources of NPK).

cal preparation. Soil samples for further analysis were collected at intervals of 1, 10, 30, 60 and 90 days from the start of the experiment. The hydrocarbon content was determined using infrared (IR) spectroscopy with carbon tetrachloride extraction. As in our experiments, a significant increase in the purification of the soil matrix was observed following the addition of the biological preparation, compared with natural self-purification (biological control). By day 30, the introduced microflora had facilitated rapid primary degradation of the hydrocarbon fractions. Under conditions of 1 per cent oil contamination, the degradation rate was 56.4 per cent (control — 32.1 per cent), whilst under conditions of a massive 5 per cent oil load, it was 43.7 per cent (control — 25.5 per cent). The highest initial kinetics were recorded in the variant with 5 per cent diesel fuel contamination, where the degree of purification reached 63.1 per cent

compared with 40.3 per cent in the control, which may be due to the greater availability of linear alkanes in diesel fuel for microbial metabolism. By the end of the experiment (day 90), the difference between the test variants and the control had reached its maximum. Thus, under other similar conditions, this experiment yielded comparable results; in particular, a significant improvement in the natural degradation rates of hydrocarbons (on average 1.6 times) was observed compared with the control variants. At the same time, it should be noted that such efficiency of biodegradation was observed only under conditions where a very moderate amount (up to 5 per cent) of petroleum products had been introduced into the soil.

An analysis of the comparative effectiveness of the biodegradation of petroleum products (*Fig. 1*) demonstrates the crucial role played by the remediation process parameters.

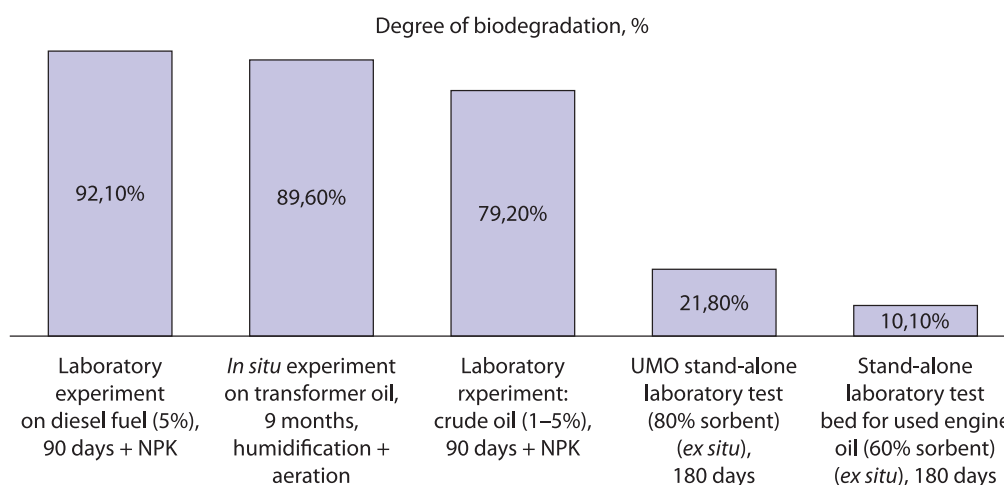


Fig. 1. Comparison of the overall efficiency of the biodegradation of PP under different process conditions

The optimised process, involving the addition of NPK and aeration, ensures a high level of removal of both light fractions (diesel fuel — 92.1 per cent) and medium-weight oils (transformer oil — 89.6 per cent; crude oil — 79.2 per cent).

An autonomous mode requiring no operational maintenance during the treatment of used motor oil (UMO) achieves only 10.1–21.8 per cent total destruction. Thus, in the event of a UMO spill, the biosorbent primarily serves to immobilise and localise the contamination; for in-depth purification, however, a comprehensive phyto- and bioremediation algorithm must be employed.

CONCLUSIONS

1. A comparative analysis of the results of field, laboratory and vegetation experiments leads to the comprehensive conclusion that the biological agent under investigation has high remediation potential and is capable of ensuring the thorough remediation of habitats from various types of hydrocarbons (up to 72.8–85.5 per cent for crude oil, 92.1 per cent for diesel fuel and up to 83.4–95.8 per cent for transformer oil) even under conditions of critical anthropogenic loading (94,700.0 mg/kg).

2. The nature and rate of biodegradation depend critically on the operating conditions and the system's architecture. Thus, in an open soil matrix (field and growing seasons), mass transfer processes, mechanical aeration and the maintenance of moisture at 60 per cent ensure the prolonged and dynamic activity of degrading microorganisms. In contrast, under conditions of an isolated laboratory disposal pile, the autonomous activity of the preparation is limited by a deficiency of moisture and biogenic substances, leading to the stabilisation of the process with a biodegradation plateau at 10.1–21.8 per cent.

3. It has been scientifically established that, in order to fully realise the biotic potential of the introduced strains under any spill remediation scenario (both in situ and ex situ), it is essential to adhere to the technical regulations stipulating environmental conditioning (moistening, aeration, biostimulation), which, together with the high succession-based self-regulation of the microbiocenosis, guarantees an environmentally safe and effective restoration of the environment without the risk of secondary biological contamination.

REFERENCES

1. Singha LP, Pandey P. Rhizosphere assisted bioengineering approaches for the mitigation of petroleum

- hydrocarbons contamination in soil. *Crit Rev Biotechnol.* 2021;**41**(5):749–66.
doi: <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1888066>
2. Chettri B, Singha NA, Singh AK. Efficiency and kinetics of Assam crude oil degradation by *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus* sp. *Arch Microbiol.* 2021;**203**(9):5793–803.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02567-1>
3. Splodytel A, Holubtsov O, Chumachenko S, Sorokina L. *The impact of Russia's war against Ukraine on the state of Ukrainian soils.* Kyiv: Centre for Environmental Initiatives Ecoaction; 2023. 32 p. Available from: <https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Impact-of-war-on-soil-Ecoaction.pdf>
4. Biliavska L, Iutynska G, Loboda M, Ropotilov B, Skrotskyi S. Diagnostics and bioremediation of soils affected by military operations in Ukraine. *Biological Systems: Theory and Innovation.* 2024;**15**(3):67–78.
doi: <https://doi.org/10.31548/biologiia/3.2024.67>
5. Slovo i Dilo. Environmental damage to Ukraine as a result of hostilities: analytical report [Internet]. 2024 [cited 2026 Jun 9].
6. Lammel G. Polycyclic aromatic compounds — atmospheric fate and environmental exposure [keynote lecture]. In: Book of abstracts: 24th European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC24); 2024 Nov 26–29; Alicante, Spain. 2024. p. 22. Available from: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/149821/3/EMEC-24-Book_abstracts.pdf
7. Shi L, Liu Z, Yang L, Fan W. Effect of plant waste addition as exogenous nutrients on microbial remediation of petroleum-contaminated soil. *Ann Microbiol.* 2022;**72**:22.
doi: <https://doi.org/10.1186/s13213-022-01679-3>
8. Kebede G, Tafese T, Abda EM, Kamaraj M, Assefa F. Factors influencing the bacterial bioremediation of hydrocarbon contaminants in the soil: mechanisms and impacts. *J Chem.* 2021;**2021**:9823362.
doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9823362>
9. Ablieieva IYu, Pliatsuk LD, Berezhna IO, Habbasova SM, inventors; Sumy State University, assignee. Sposib bioremediatsii naftozabrudnennykh ob'ektiv [Method for bioremediation of oil-contaminated objects]. Ukrainian patent UA 146472 U. 2021 Feb 24. Ukrainian. Available from: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85806>
10. Mekonnen BA, Aragaw TA, Genet MB. Bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil: a review on principles, degradation mechanisms, and advancements. *Front Environ Sci.* 2024;**12**:1354422.
doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1354422>
11. Kulahin OO. Pokrashchennia sanitarnoho stanu gruntiv naselennykh mist iz zastosuvanniam metodu bioremediatsii [Improvement of sanitary state of soils in the populated areas using bioremediation method]. *The Medical and Ecological Problems.* 2016;**20**(1–2): 20–2. Ukrainian. Available from: <https://ecomod-journal.org/index.php/journal/article/view/7>
12. Dumanska TU, Nohina TM, Pidhorskyi VS. Bioremediatsiia zabrudnenoho naftoiu ta dyzelnym palyvom gruntu [The bioremediation of oil and fuel oil contamination soil]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series Biology.* 2008;**(22)**:122–5. Ukrainian. Available from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/15549>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без залучення зовнішнього фінансування.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Конфлікт інтересів відсутній.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

КУЛАГІН Олександр: виконання дослідження, збирання та опрацювання даних, формальний аналіз, дослідження, методологія, написання початкового варіанту статті.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3602-6339>

ШЕВЧЕНКО Олександр: ідея проєкту, концептуалізація та адміністрування, остаточне редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2295-170X>

КРАМАРЬОВА Юлія: упорядкування даних, візуалізація, графічне редагування рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0388-8992>

ШТЕПА Олександр: формальний аналіз, участь у проведенні досліджень.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3738-2204>

ЩУДРО Світлана: пошук та аналіз літературних джерел.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0478-2942>

Отримано: 03.09.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

This research received no external funding.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KULAHIN Oleksandr: investigation, data curation, formal analysis, methodology, writing — original draft, writing — review & editing, project administration.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3602-6339>

SHEVCHENKO Oleksandr: conceptualization, data curation, investigation, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2295-170X>

KRAMAROVA Yuliia: data curation, visualization, reviewing and editing of the manuscript.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0388-8992>

SHTEPA Oleksandr: formal analysis, data curation, investigation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3738-2204>

SHCHUDRO Svitlana: formal analysis, data curation, investigation.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0478-2942>

Received: 03.09.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



ДІАГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ МАКСИМАЛЬНОЇ ФОНАЦІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ОРГАНІЧНОЮ ПАТОЛОГІЄЮ ГОРТАНІ

Матюхина О.Л.

Державна установа
«Інститут отоларингології
ім. проф. О.І. Коломійченка
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА** роботи — оцінити діагностичне значення визначення часу максимальної фонації (ЧМФ) у пацієнтів з органічною патологією гортані в динаміці лікування.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Обстежено 79 пацієнтів з органічними захворюваннями гортані, розподілені на дві групи за ефективністю післяопераційного відновлення голосової функції: 1-ша — 61 пацієнт з повним відновленням голосу, 2-га — 18 пацієнтів з незадовільним відновленням голосу.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** У більшості пацієнтів уже на 10 день після хірургічного лікування відбувалося значне покращення голосової функції та нормалізація ларингоскопічної картини. Однак у частини хворих зберігалися скарги на захриплість голосу. Через 1 місяць після операції при клінічному огляді у всіх пацієнтів була нормальна ларингоскопічна картина. Однак у групі 2 зберігалась скарга на дискомфорт в області гортані, втомлюваність голосу та незадовільну його якість. При цьому зберігалась невідповідність ларингоскопічної картини якості голосу пацієнтів. До лікування у всіх обстежених пацієнтів ЧМФ був незначно нижчим за норму, ця різниця була недостовірною. Через 1 місяць після лікування показник повертається до вихідного рівня у обох групах досліджуваних та у всіх пацієнтів разом. В жодний з часових проміжків не було виявлено достовірної різниці у показниках груп між собою. На 10 день після хірургічного втручання відбувається незначне зменшення ЧМФ відносно вихідного рівня у обох групах, не достовірне відносно вихідного рівня. Однак у 2 групі пацієнтів, з уповільненим відновленням голосової функції після хірургічного втручання, показник ЧМФ на 10 день після операції достовірно відрізнявся від контролю ($p < 0,05$).
- **ВИСНОВКИ:** 1. Біля 20% пацієнтів з органічною патологією гортані можуть мати незадовільне відновлення голосової функції після хірургічного втручання. 2. ЧМФ може використовуватися як простий у виконанні і доступний метод оцінки ефективності післяопераційного відновлення в плані змін тканин, набряку, тощо, і має певну цінність як прогностичний критерій тривалих голосових розладів. 3. Найбільш інформативний період для обстеження пацієнтів з органічною патологією гортані в динаміці відновлення після хірургічного лікування є 10 днів, а надалі — 1 міс. У цей період вже відбувається відновлення тканин після хірургічного втручання, але можуть проявитися ознаки розладів голосоутворення. Цей час оптимальний, оскільки дає можливість вчасно застосувати лікувально-профілактичні заходи.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** гортань, голос, дисфонія, верхні дихальні шляхи.

DIAGNOSTIC VALUE OF DETERMINING THE TIME OF MAXIMUM PHONATION IN PATIENTS WITH ORGANIC PATHOLOGY OF THE LARYNX

Matiukhina O.L.

State Institution
«O.S. Kolomiychenko
Institute of Otolaryngology
of National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of this study is to assess the diagnostic value of determining the time of maximum phonation (ToMPH) in patients with organic laryngeal pathology in the dynamics of treatment.
- **MATERIALS AND METHODS.** 79 patients with organic diseases of the larynx were examined, divided into two groups according to the effectiveness of postoperative restoration of voice function: 1st — 61 patients with complete restoration of voice, 2nd — 18 patients with unsatisfactory restoration of voice.
- **RESULTS.** In most patients, already on the 10th day after surgical treatment, there was a significant improvement in voice function and normalization of the laryngoscopic picture. However, some patients still complained of hoarseness of voice. 1 month after surgery, all patients had a normal laryngoscopic picture during clinical examination. However, in group 2, complaints of discomfort in the larynx, fatigue of the voice and its unsatisfactory quality persisted. At the same time, the discrepancy between the laryngoscopic picture and the quality of the patients' voice persisted. Before treatment, all examined patients had a slightly lower ToMPH than normal, this difference was not significant. 1 month after treatment, the index returned to baseline in both groups of subjects and in all patients together. No significant difference in the indices of the groups was found at any time interval. On the 10th day after surgery, there was a slight decrease in ToMPH relative to baseline in both groups, not significant relative to baseline. However, in group 2 of patients, with delayed restoration of voice function after surgery, the ToMPH on the 10th day after surgery was significantly different from the control ($p < 0.05$).
- **CONCLUSIONS:** 1. About 20% of patients with organic pathology of the larynx may have unsatisfactory recovery of voice function after surgical intervention. 2. ToMPH can be used as a simple and accessible

method for assessing the effectiveness of postoperative recovery in terms of tissue changes, edema, etc., and has a certain value as a prognostic criterion for long-term voice disorders. **3.** The most informative period for examining patients with organic pathology of the larynx in the dynamics of recovery after surgical treatment is 10 days, and then 1 month. During this period, tissue recovery after surgical intervention is already taking place, but signs of voice formation disorders may appear. This time is optimal, as it allows for timely application of therapeutic and preventive measures.

■ **KEYWORDS:** *larynx, voice, dysphonia, upper respiratory tract.*

Порушення голосової функції при функціональних та органічних захворюваннях гортані призводить до негативного впливу на комунікативні здатності, соціальну та професійну сферу пацієнтів, якість їх життя [2, 4, 6, 8–10]. Вагому частину усіх захворювань голосового апарату складають органічні захворювання гортані [1, 3, 5, 7, 9, 10]. Невеликі доброякісні утворення на голосових складках не становлять загрози життю пацієнта, однак суттєво впливають на голосову функцію. Провідним методом лікування органічної патології гортані є хірургічний. Відновлення голосу після хірургічного втручання — окреме завдання [1, 5, 7]. Деякі пацієнти відновлюються самостійно, а частина з них потребує кваліфікованої допомоги, щоб повернути втрачену голосову функцію. Вчасне виявлення таких випадків сприяє більшій ефективності реєдукації голосу після оперативного втручання з приводу органічних захворювань гортані.

Важливим і простим у виконанні є метод визначення часу максимальної фонації (ЧМФ). Клініко-фізіологічне значення цього тесту полягає у тому, що він дає змогу оцінити загальний обсяг повітря, яке використовується для фонації, роботу внутрішніх м'язів гортані та силу експіраторної напруги дихальних м'язів [2, 6, 8–10].

Мета роботи — оцінити діагностичне значення визначення часу максимальної фонації у пацієнтів з органічною патологією гортані в динаміці лікування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Обстежено 79 пацієнтів, які мали різні органічні захворювання гортані — утворення на голосових складках: вузлики, фіброми, кісти — до та після хірургічного лікування у різні терміни. За ефективністю післяопераційного відновлення голосової функції вони розподілені на дві групи: 1-ша — 61 пацієнт з повним відновленням голосу, 2-га — 18 пацієнтів з незадовільним рівнем реєдукації голосу після хірургічного втручання.

Вимірювання часу максимальної фонації проводили наступним чином: пацієнта про-

сять вдихнути повітря і на зручній для нього частоті (висоті тону) та зі зручною гучністю фонувати голосну «а». За допомогою годинника з секундною стрілкою або секундоміра вимірюють час від початку фонації до переходу звуку в шепіт. Дослідження виконуються тричі з інтервалами в 60 с та обчислюють середнє арифметичне значення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Було проведено обстеження пацієнтів з органічними захворюваннями гортані до та після хірургічного лікування у різні терміни: аналіз скарг та даних анамнезу, клінічне обстеження, визначення часу максимальної фонації.

До лікування у всіх пацієнтів клінічна картина, скарги та ЧМФ відповідали їх діагнозу — органічні доброякісні утворення на голосових складках, відповідно до їх розміру, локалізації і характеру. Пацієнти скаржилися на захриплість голосу, голосову втому, неприємні відчуття у області гортані («щось заважає в горлі», «відчуття стороннього тіла», ін.), покашлювання. ЧМФ становив у них величину, що відповідає даній патології і співпадає з величинами за даними інших дослідників [2, 6, 8, 9].

Після хірургічного лікування було проведено огляд, аналіз скарг та визначення ЧМФ у терміни 10 днів та 1 місяць. Ці терміни були обрані з огляду на характер скарг пацієнтів та дані літератури [6, 9]. У більшості пацієнтів уже на 10 день після хірургічного лікування відбувалося значне покращення голосової функції та нормалізація ларингоскопічної картини. Однак у частини хворих (22,8%) зберігалися скарги на захриплість голосу, не зважаючи на задовільний стан голосового апарату за даними клінічного огляду.

Виділивши цих 18 пацієнтів у окрему групу, було проаналізовано їх дані окремо (2 група). Вони склали від усіх обстежених пацієнтів з органічними захворюваннями гортані. До 1 групи з хорошим результатом відновлення голосової функції після оперативного втручання таким чином увійшов 61 пацієнт.

Через 1 місяць після операції при клінічному огляді у всіх пацієнтів була нормальна

Таблиця 1. Показник часу максимальної фонації у пацієнтів з органічною патологією гортані до та після хірургічного лікування, $M \pm m$

Групи хворих	До лікування	Термін після хірургічного лікування	
		10 діб	1 міс
1 група (n = 61)	18,3 * 1,4	17,0 ± 1,2	18,6 ± 1,3
t/p показника відносно вихідного рівня (до лікування)		0,70, p > 0,05	0,15, p > 0,05
t/p показника відносно контролю	0,65, p > 0,05	1,47, p > 0,05	0,50, p > 0,05
2 група (n = 18)	17,2 ± 1,1	14,6 ± 1,1	17,7 ± 1,5
t/p показника відносно вихідного рівня (до лікування)		1,67, p > 0,05	0,26, p > 0,05
t/p показника відносно контролю	1,4, p > 0,05	3,01, p < 0,05	0,93, p > 0,05
Разом (n = 79)	18,9 ± 1,3	16,7 ± 1,3	18,2 ± 1,6
t/p показника відносно вихідного рівня (до лікування)		1,19, p > 0,05	0,33, p > 0,05
t/p показника відносно контролю	0,34, p > 0,05	1,58, p > 0,05	0,65, p > 0,05
Контрольна група (n = 15)		19,5 ± 1,2	

ларингоскопічна картина. Голосова функція відновила в повній мірі у більшості з них. Однак у частини з них (група 2) все ж зберігалась скарги на дискомфорт в області гортані, втомлюваність голосу та незадовільну його якість. При цьому зберігалась невідповідність ларингоскопічної картини якості голосу пацієнтів. В плані запальних змін, набряку, розширення судин не було виявлено жодних ознак при клінічному огляді гортані. Однак при спеціалізованому фоніатричному огляді з функціональними навантаженнями у даної групи пацієнтів було виявлено певне зниження тону голосових складок та асинхронність їх коливань.

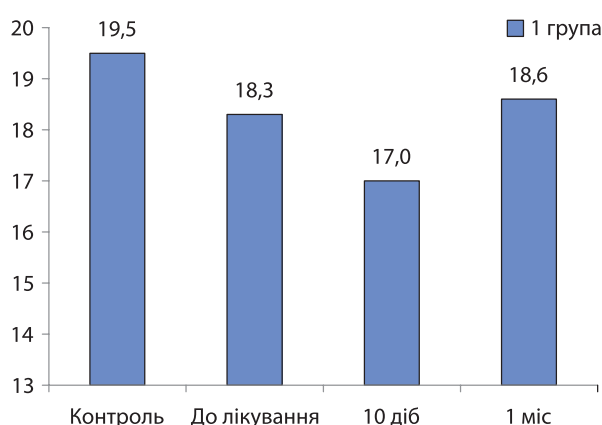


Рис. 1. Показник часу максимальної фонації у пацієнтів з органічною патологією гортані 1 групи до та після хірургічного лікування у різні терміни, с

При аналізі середньостатистичних значень ЧМФ у виділених групах пацієнтів з органічними захворюваннями гортані було виявлено таке (табл. 1).

До лікування у всіх обстежених пацієнтів ЧМФ був незначно нижчим за норму, ця різниця була недостовірною. При дослідженні в термін 1 місяць після лікування показник повертається до вихідного рівня у обох групах досліджуваних та у всіх пацієнтів разом. В жодний з часових проміжків не було виявлено достовірної різниці у показниках груп між собою. На 10 день після хірургічного втручання відбувається незначне зменшення ЧМФ відносно вихідного рівня у обох групах, не достовірне відносно вихідного рівня. Однак у 2 групі пацієнтів, з уповільненим відновленням голосової функції після хірургічного втручання, показник ЧМФ на 10 день після операції достовірно відрізнявся від контролю (p < 0,05).

Більш наочно ці дані представлені на рис. 1–3.

Отже, через місяць після хірургічного втручання у пацієнтів з органічними захворюваннями гортані відбувається нормалізація ларингоскопічної картини та голосової функції, окрім частини з них (близько 20%), у яких відновлення голосової функції на цей період є неповним. Причому на 10 день після операції у частини пацієнтів 2-ї групи ЧМФ був нормальний, але у частини зниженим. Середньостатистичне значення при цьому не відрізнялося ні від ви-

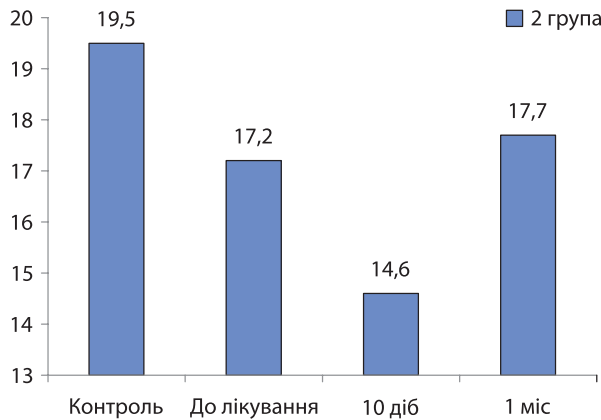


Рис. 2. Показник часу максимальної фонації у пацієнтів з органічною патологією гортані 2 групи до та після хірургічного лікування у різні терміни, с

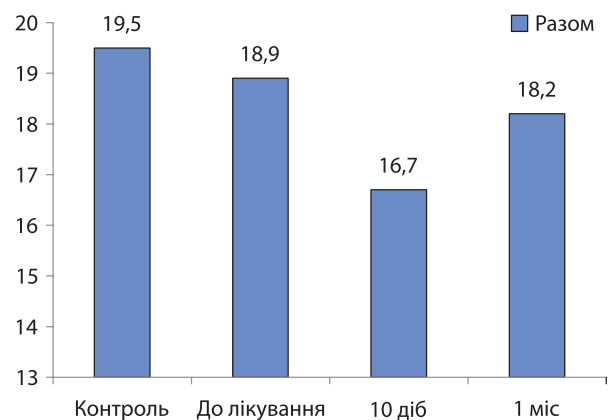


Рис. 3. Показник часу максимальної фонації у пацієнтів з органічною патологією гортані 1 та 2 груп разом до та після хірургічного лікування у різні терміни, с

хідних значень, ні від показників у групі 1. Однак у них було виявлено достовірне зниження ЧМФ відносно контролю на 10 день після хірургічного лікування, що може бути певною мірою прогностичним критерієм. Зважаючи на те, що у практичному вимірі значення ЧМФ у частини пацієнтів даної групи на 10 день після лікування було нормальним, таке прогностичне значення є обмеженим.

ВИСНОВКИ

1. Більш 20% пацієнтів з органічною патологією гортані можуть мати незадовільне відновлення голосової функції після хірургічного втручання.

2. ЧМФ може використовуватися як простий у виконанні і доступний метод оцінки ефективності післяопераційного відновлення в плані змін тканин, набряку, тощо, і має певну цінність як прогностичний критерій тривалих голосових розладів

3. Найбільш інформативний період для обстеження пацієнтів з органічною патологією гортані в динаміці відновлення після хірургічного лікування є 10 діб, а надалі — 1 міс. У цей період вже відбувається відновлення тканин після хірургічного втручання, але можуть проявитися ознаки розладів голосоутворення. Цей час оптимальний, оскільки дає можливість вчасно застосувати лікувально-профілактичні заходи.

REFERENCES

1. Lee CW, Krüger MT, Akram H, Zrinzo L, Rubin J, Birchall MA, et al. Central mechanisms and pathophysiology of laryngeal dystonia: an up-to-date review. *J Voice*. 2024 Aug 12:S0892-1997(24)00217-0. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2024.07.007>

2. Cohen SM, Pitman MJ, Noordzij JP, Courey M. Management of dysphonic patients by otolaryngologists. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;147(2):289–94. doi: <https://doi.org/10.1177/0194599812440780>

3. Meerschman I, D'haeseleer E, Vanderhasselt MA, Claeys S, Vonck K, Vergauwe R, et al. Exploring autonomic dysfunction in functional dysphonia: a protocol for a case-control study and a randomized controlled trial. *Int J Lang Commun Disord*. 2024; 59(6):2723–36. doi: <https://doi.org/10.1111/1460-6984.13111>

4. Mor N, Simonyan K, Blitzer A. Central voice production and pathophysiology of spasmodic dysphonia. *Laryngoscope*. 2018;128(1):177–83. doi: <https://doi.org/10.1002/lary.26655>

5. Eldemerdash AM, Behiery EAE, Rashad AED, Elghazali MEA, Eldemerdash AA. Stroboscopy evaluation of vocal folds lesions with pre and post phono surgery. *Egypt J Otolaryngol*. 2024;40:172. doi: <https://doi.org/10.1186/s43163-024-00669-3>

6. am Zehnhoff-Dinnesen A, Wiskirski-Woznica B, Neumann K, Nawka T, editors. *Phoniatrics I: fundamentals — voice disorders — disorders of language and hearing development*. Berlin: Springer; 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46780-0>

7. am Zehnhoff-Dinnesen A, Schindler A, Zorowka PG, editors. *Phoniatrics III: acquired motor speech and language disorders — dysphagia — phoniatrics and COVID-19*. Cham: Springer; 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-48091-1>

8. Seidner W, Nawka T. *Aids to voice diagnostics*. Berlin: XION GmbH; 2014. 291 p.

9. Shydlovskaya TA. *Funktsionalni porushennia holosu [Functional voice disorders]*. Kyiv: Logos; 2011. 523 p. Ukrainian.

10. Shydlovskaya TA, Volkova TV. *Aktualni pytannia foniatriti. Diagnostyka ta likuvannia porushen holosu [Current issues in phoniatrics. Diagnosis and treatment of voice disorders]*. Kyiv; 2025. 96 p. Ukrainian.

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Комплексна клініко-інструментальна характеристика стану сенсорних систем — слухового, нюхового та вестибулярного аналізаторів, а також екстраауральних проявів при COVID-19», що фінансується Національною академією медичних наук України, № держреєстрації 0121U113546

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

МАТЮХИНА Олена: концептуалізація, написання — оригінальний проєкт, курація даних, формальний аналіз, дослідження, програмне забезпечення, візуалізація
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9959-9534>

Отримано: 03.08.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

SOURCES OF FUNDING

Studies were carried out within the framework of the research «Comprehensive clinical and instrumental characteristics of the state of sensory systems — auditory, olfactory and vestibular systems, as well as extraaural manifestations in COVID-19», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0121U113546

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.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

MATIUKHINA Olena: conceptualization, original draft preparation, data curation, investigation, software, visualization.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9959-9534>

Received: 03.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



НАУКОВИЙ АНАЛІЗ СКАРГ ОСІБ, ЯКІ ПЕРЕХВОРИЛИ НА COVID-19 І МАЮТЬ ПОРУШЕННЯ СЛУХУ, НЮХУ, ГОЛОСУ ТА ВЕСТИБУЛЯРНОЇ ФУНКЦІЇ РІЗНОГО СТУПЕНЯ ВИРАЖЕНОСТІ

Козак М.С.¹,
Безега М.І.²,
Волкова Т.В.¹,
Гвоздецький В.А.¹,
Белякова І.А.¹,
Пелешенко Н.О.¹

¹ Державна установа
«Інститут отоларингології
ім. проф. О.І. Коломійченко
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

² Полтавський державний
медичний університет
МОЗ України,
м. Полтава, Україна

- **МЕТА** роботи — вивчити скарги у осіб, які перехворіли на COVID-19, з урахуванням вираженості порушень сенсорних систем: слуху, нюху, голосу та вестибулярної функції.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено аналіз даних опитування, анамнезу і скарг 120 пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 і мали сенсорні розлади. Обстежених розподілили на 2 групи залежно від клінічного перебігу хвороби та вираженості сенсорних порушень: 1-а група — 74 хворих з помірними і менш вираженими сенсорними розладами, 2-а група — 46 пацієнтів з перенесеним COVID-19 в більш тяжкій формі та стійкими сенсорними порушеннями.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що у пацієнтів 2-ї групи значно частіше спостерігалися скарги на розлади слуху, нюху, голосу, вестибулярної функції та зміни з боку центральної нервової системи порівняно з пацієнтами 1-ї групи. У хворих 2-ї групи також переважали більш значні клінічні прояви, зокрема зниження розбірливості мови, відчуття шуму у вухах, погана переносимість гучних звуків, випадки раптової глухоти внаслідок інфаркту лабіринту та ураження центральних відділів слухового аналізатора, тривала аносмія з ураженням центральних відділів нюхового аналізатора, стійкі дистонії, парези голосових складок, спастична дисфонія, виражена вестибулярна дисфункція та зміни зі сторони ЦНС. У пацієнтів 2-ї групи частіше відзначалося прогресування вже наявної сенсоневральної приглухуватості після COVID-19, а симптоми слухових, голосових, нюхових і вестибулярних порушень мали більш тривалий перебіг. Крім того, вони значно частіше повідомляли про головний біль, порушення пам'яті та уваги, розлади сну і підвищену втомлюваність, що свідчить про більш значне ураження центральної нервової системи при тяжких сенсорних порушеннях.
- **ВИСНОВКИ.** COVID-19 може спричиняти стійкі та прогресуючі порушення слуху, нюху, смаку, голосу й вестибулярної функції, а також зміни з боку нервової системи. Оцінка скарг і тривалості симптомів під час та після хвороби є важливою для своєчасної діагностики, лікування та профілактики постковідних сенсорних порушень.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** COVID-19, сенсорні системи, слуховий аналізатор, порушення слуху, нюхова функція, порушення голосу, вестибулярна дисфункція.

A SCIENTIFIC ANALYSIS OF COMPLAINTS FROM PATIENTS WHO HAVE RECOVERED FROM COVID-19 WITH HEARING, OLFACTORY, VOICE, AND VESTIBULAR DYSFUNCTION OF VARYING SEVERITY

Kozak M.S.¹,
Bezega M.I.²,
Volkova T.V.¹,
Hvzdetskyi V.A.¹,
Bieliakova I.A.¹,
Peleshenko N.O.¹

¹ State Institution
«O.S. Kolomyichenko
Institute of Otolaryngology
of National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

² Poltava Medical
State University
of the Ministry of Health
of Ukraine,
Poltava, Ukraine

- **OBJECTIVE.** The objective of the study is to investigate the complaints of individuals who have recovered from COVID-19, taking into account the severity of sensory system disorders, including hearing, olfactory, voice, and vestibular dysfunction.
- **MATERIALS AND METHODS.** A total of 120 patients who had recovered from COVID-19 and presented with sensory disorders were evaluated based on questionnaire data, medical history, and clinical complaints. All participants were divided into two groups according to the clinical course of the disease and the severity of sensory disorders: Group 1 included 74 patients with mild to moderate sensory disorders, whereas Group 2 comprised 46 patients who had experienced a more severe course of COVID-19 and developed persistent sensory disorders.
- **RESULTS.** The study demonstrated that patients in Group 2 reported complaints related to hearing, olfactory, voice, and vestibular dysfunction, as well as central nervous system manifestations, significantly more frequently than those in Group 1. Moreover, they exhibited more severe clinical manifestations, including reduced speech discrimination, tinnitus, poor tolerance to loud sounds, sudden sensorineural hearing loss caused by labyrinthine infarction, involvement of the central auditory pathways, prolonged anosmia associated with central olfactory pathway impairment, persistent dystonia, vocal fold paresis, spasmodic dysphonia, pronounced vestibular dysfunction, and neurological manifestations. Patients in Group 2 were also more likely to experience progression of pre-existing sensorineural hearing loss following COVID-19, and their hearing, voice, olfactory, and vestibular symptoms persisted for longer periods. Furthermore, they more frequently reported headaches, memory and attention impairment, sleep disturbances, and increased fatigue, indicating more pronounced central nervous system involvement in patients with severe sensory disorders.
- **CONCLUSIONS.** COVID-19 can cause severe and progressive sensory disorders of hearing, olfaction, taste, voice, and vestibular function, as well as neurological manifestations. Assessment of patients' complaints

■ and the duration of symptoms during and after COVID-19 is important for the timely diagnosis, management and prevention of post-COVID sensory disorders.

■ **KEYWORDS:** COVID-19, sensory systems, auditory system, hearing impairment, olfactory function, voice impairment, vestibular dysfunction.

Пандемія COVID-19 поставила перед системами охорони здоров'я та медичною наукою цілу низку важко вирішуваних питань та загострила увагу дослідників до вірусного ураження різних органів і систем людського організму [1–3]. Прояви захворювання COVID-19 виявилися багатограничними та мінливими, а вірус здатним до численних швидких мутацій. З часом, коли пандемія вщухла, здавалося, що проблема певним чином вирішена. Але дослідження останніх років показало, що вірус SARS-CoV-2 нікуди не подівся і, очевидно, залишиться з людством надовго [4–6]. Втративши значною мірою свою смертельну небезпечність, вірус залишився надзвичайно вірулентним і мінливим. З'явилися поняття «довгого ковіду» та «постковідного синдрому». Фахівці з різних медичних спеціальностей повідомляють про ураження вірусом різних органів і систем і відзначають тривалий вплив інфекції та відтерміновані прояви. В тому числі це стосується ураження сенсорних систем [7–10].

Мета роботи — вивчити скарги у осіб, які перехворіли на COVID-19, з урахуванням вираженості порушень сенсорних систем — слуху, нюху, голосу та вестибулярної функції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проведено аналіз даних опитування, анамнезу і скарг 120 пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 і мають сенсорні розлади. Пацієнти звертались зі скаргами на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, а також зміни зі сторони нервової системи. Всі обстежувані були розподілені на 2 групи за клінічним перебігом хвороби та вираженістю сенсорних розладів: до 1-ї групи увійшли 74 хворих, у яких мали місце помірні і менш виражені сенсорні розлади, зокрема порушення слуху після COVID-19, до 2-ї групи — 46 пацієнтів, які переважно перехворіли даною інфекцією в більш тяжкій формі та отримали стійкі сенсорні порушення, прогресуючі розлади слуху та зміни зі сторони нервової системи.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При аналізі скарг щодо стану сенсорних систем у пацієнтів після COVID-19 виявилось,

що у багатьох з них є скарги на ті чи інші порушення слуху, голосу, нюху та вестибулярної функції в різному поєднанні. Проведені нами раніше дослідження [10, 11] показали, що часто у пацієнтів з COVID-19 виявляються порушення сенсорних систем, причому ступінь цих порушень, терміни їх виникнення, тривалість і вираженість симптомів варіюються. Також з плином часу дещо змінювалась частота і вираженість ураження різних сенсорних систем, що, очевидно, обумовлене мутаціями вірусу SARS-CoV-2. У пацієнтів, які перенесли захворювання COVID-19 більш тяжкого перебігу такі скарги були більш вираженими. В даній роботі ми проаналізували скарги пацієнтів, що перехворіли на COVID-19, з урахуванням ступеня вираженості сенсорних розладів.

Як уже було зазначено, ми поділили досліджуваних хворих на COVID-19 на дві групи за ступенем вираженості сенсорних розладів — порушень нюху, слуху, смаку, голосу та функції рівноваги. До першої групи увійшли хворі з легкими розладами сенсорних систем, до другої — особи зі стійкими, вираженими порушеннями сенсорних чуттів. Всі основні скарги обстежуваних хворих двох груп проаналізовані та представлені в *табл. 1*.

Як видно з наведених в таблиці даних, скарги на порушення слуху, голосу і нюху, вестибулярної функції, є більш частими та більш вираженими в 2 групі пацієнтів, які отримали стійкі, прогресуючі розлади слуху, голосу, нюху, та зміни зі сторони нервової системи, ніж пацієнти 1 групи, у яких мали місце помірні і менш виражені розлади слуху, голосу, нюху після COVID-19. Пацієнти 1 групи висували скарги на порушення слуху у 43,2% ($n = 32$), голосу — 32,4% ($n = 24$) і нюху — 43,2% ($n = 32$), вестибулярної функції — 30,1% ($n = 23$), розладів зі сторони центральної нервової системи — 66,2% ($n = 49$). В другій групі такі скарги спостерігалися в більшому відсотку: на порушення слуху у 60,8% ($n = 28$), голосу — 32,6% ($n = 15$) і нюху — 67,4% ($n = 31$), вестибулярної функції — 39,1% ($n = 18$), розладів зі сторони нервової системи — 89,1% ($n = 41$).

Аналізуючи детально скарги зі сторони слухової системи у хворих, які перехворіли COVID-19

Таблиця 1. Скарги пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 з різним ступенем розладів сенсорних систем

Скарги	1 група (n = 74)	2 група (n = 46)
Порушення слуху:	43,2% (n = 32)	60,8% (n = 28)
зниження слуху	36,5% (n = 27)	47,8% (n = 22)
зниження розбірливості мови	14,8% (n = 11)	30,4% (n = 14)
шум у вухах	39,2% (n = 29)	56,5% (n = 26)
непереносимість гучних звуків	9,4% (n = 7)	21,7% (n = 10)
Порушення нюху:	43,2% (n = 32)	67,4% (n = 31)
відсутність нюху	32,4% (n = 24)	50,0% (n = 23)
спотворення нюху	24,3% (n = 18)	17,4% (n = 8)
Загострення / підсилення нюху	5,4% (n = 4)	4,3% (n = 2)
Порушення смаку:	28,4% (n = 21)	39,1% (n = 18)
відсутність смаку	12,2% (n = 9)	23,9% (n = 11)
зниження смаку	4,1% (n = 3)	4,3% (n = 2)
спотворення смаку	4,1% (n = 3)	6,5% (n = 3)
Загострення / підсилення смаку	2,7% (n = 2)	6,5% (n = 3)
Порушення голосу:	32,4% (n = 24)	32,6% (n = 15)
голосова втома	28,4% (n = 21)	30,4% (n = 14)
захриплість	29,7% (n = 22)	28,2% (n = 13)
Порушення вестибулярної функції:	30,1% (n = 23)	39,1% (n = 18)
системне запаморочення	22,9% (n = 17)	32,6% (n = 15)
епізоди неприємного стану	10,8% (n = 8)	34,8% (n = 16)
порушення рівноваги	8,1% (n = 6)	23,9% (n = 11)
невизначені відчуття	12,2% (n = 9)	15,2% (n = 7)
Скарги з боку ЦНС:	66,2% (n = 49)	89,1% (n = 41)
головний біль	50,0% (n = 37)	84,7% (n = 39)
порушення пам'яті та уваги	24,3% (n = 18)	80,4% (n = 37)
порушення сну	36,4% (n = 27)	82,6% (n = 38)
втомлюваність	59,4% (n = 44)	89,1% (n = 41)

ми виявили таке. Пацієнти 1 групи відмічали зниження розбірливості мови в 14,8% (n = 11) випадках, відчуття шуму в вухах — 39,2% (n = 29), погану переносимість гучних звуків — 9,4% (n = 7). Хворі 2 групи, які отримали стійкі, прогресуючі розлади слуху, голосу, нюху, та зміни зі сторони нервової системи, скаржилися на зниження розбірливості мови в 30,4% (n = 14) випадках, відчуття шуму в вухах — 56,5% (n = 26), погану переносимість гучних звуків — 21,7% (n = 10). У пацієнтів 2-ї групи були виявлені значні ураження слухової системи — тяжкі порушення слуху з порушеннями розбірливості мови, раптова глухота внаслідок інфаркту лабіринту, ураження центральних відділів слухового аналізатора. Слід зазначити, що порушення слухової функції були у 39,2% (n = 47) пацієнтів і до захворювання на COVID-19, але хвороба призвела до загострення та прогресування сенсоневральної приглухуватості. В першій групі таких хворих було 25,6% (n = 19), в другій — 60,8% (n = 28). Вони відчували симптоми погіршення слуху частіше з 5–7 доби хвороби, або після 1–2 місяців після

хвороби. Тривали порушення слуху від 10 діб, та до 3–6 місяців і більше.

Аналіз найбільш частих скарг пацієнтів з COVID-19 з різним ступенем порушень у сенсорних системах більш наочно представлений на рис. 1.

Пацієнтів, які скаржились на порушення нюху, в першій групі було 43,2% (n = 32), а в другій — 67,4% (n = 31). У 2 групі хворих частіше були випадки тривалої повної аносії, втому числі з ураженням центральних відділів нюхового аналізатора. Порушення смаку відчували 28,4% (n = 21) пацієнтів першої групи, та 39,1% (n = 18) другої.

Порушення голосової функції турбувало пацієнтів в першій групі в 32,4% (n = 24) випадків, а в другій — 32,6% (n = 15). Частіше воно виникало на 5–7 добу хвороби, та могло тривати від 1 місяця до 5 місяців. Хворі скаржились на голосову втому в 28,4% (n = 21) в першій групі, 30,4% (n = 14) в другій групі. На захриплість вони скаржились в 29,7% (n = 22) в першій групі, та 28,2% (n = 13) відповідно в другій групі. В 2 групі пацієнтів ми виявляли стійкі дистонії,

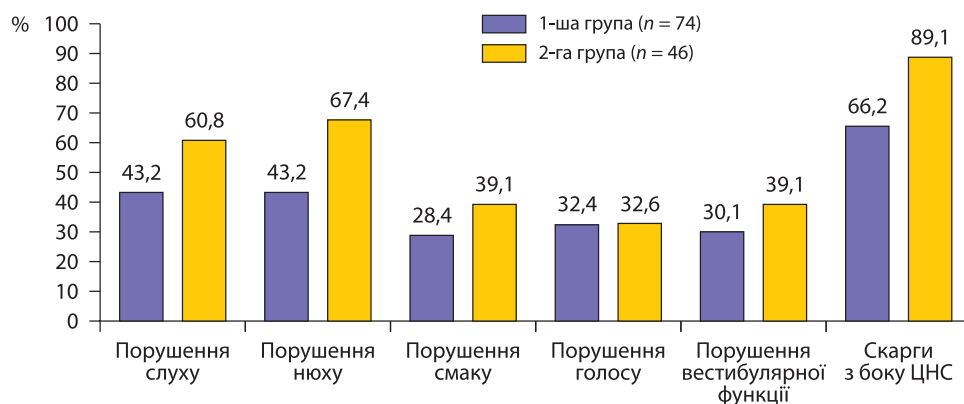


Рис. 1. Скарги пацієнтів, які перехворіли на COVID-19 з різним ступенем розладів у сенсорних системах (групи 1 та 2)

випадки парезу голосових складок та спастичної дисфонії.

Порушення вестибулярної функції турбувало обстежених нами пацієнтів як 1-ї групи, так і 2-ї групи. Симптоми: запаморочення, епізоди непритомного стану, порушення рівноваги, невизначені відчуття, виникали на 12–14 добу після перших проявів COVID-19 і тривали близько 2–4 місяців після одужання. Наявність таких скарг свідчить про ураження вестибулярної системи. В першій групі таких пацієнтів було 30,1% ($n = 23$), в другій — 39,1% ($n = 18$). В 2 групі хворих ми частіше спостерігали тяжку вестибулярну дисфункцію, поєднане ураження периферичного і центрального відділів вестибулярного аналізатора, порушення координації.

Відсоток загальних скарг зі сторони ЦНС в першій групі склав 66,2% ($n = 49$) хворих, в другій — 89,1% ($n = 41$). В другій групі має місце збільшення скарг на головний біль 84,7% ($n = 39$), порушення пам'яті та уваги 80,4% ($n = 37$), порушення сну 82,6% ($n = 38$), та втомлюваність 89,1% ($n = 41$). Тоді, як в першій групі скарги на головний біль склали 50% ($n = 37$), порушення пам'яті та уваги 24,3% ($n = 18$), порушення сну 36,4% ($n = 27$), та втомлюваність 59,4% ($n = 44$) були менші.

Отже пацієнти, які перехворіли на COVID-19, часто висувають скарги на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, вестибулярної функції, а також ті, що обумовлені змінами зі сторони нервової системи.

Таким чином, гостра вірусна інфекція (COVID-19), викликана вірусом SARS-CoV2 несе загрозу здоров'ю людей, та має віддалені ефекти. Після перенесеної інфекції, навіть у легкій формі, пацієнти можуть отримувати специфічні ускладнення хвороби: порушення слуху, порушення нюху, порушення смаку, порушення голосу, вестибулярної функції, а також зміни зі

сторони нервової системи. Визначення інформації щодо скарг, терміну їх виникнення після початку хвороби, тривалість симптомів під час та після хвороби, має значення для своєчасної діагностики та лікування ускладнень COVID-19 з боку сенсорних систем та може бути основою для формування профілактичних заходів.

ВИСНОВКИ

1. Пацієнти, які перехворіли на COVID-19, часто висувають скарги на порушення слуху, нюху, смаку, голосу, вестибулярної функції, а також ті, що обумовлені змінами зі сторони серцево-судинної та нервової системи. Захворювання нерідко спричиняє стійкі, прогресуючі розлади органів чуття та зміни зі сторони нервової системи.

2. COVID-19 може спричинити тяжкі сенсорні розлади та порушення голосоутворення: тяжку сенсоневральну приглухуватість з порушенням розбірливості мови, раптову глухоту внаслідок інфаркту лабіринту, стійкі аносмії, виражену вестибулярну дисфункцію, парези голосових складок та спастичну дисфонію.

3. Визначення скарг та тривалості симптомів під час та після хвороби має значення для своєчасної діагностики та лікування ускладнень COVID-19 з боку сенсорних систем та може бути основою для формування профілактичних заходів.

REFERENCES

1. Asadi-Pooya AA, Simani L. Central nervous system manifestations of COVID-19: a systematic review. *J Neurol Sci.* 2020;**413**:116832. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116832>
2. Misra S, Kolappa K, Prasad M, Radhakrishnan D, Thakur KT, Solomon T, et al. Frequency of neurologic manifestations in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Neurology.* 2021;**97**(23)–81.

- doi: <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000012930>
3. **Abdel Rhman S, Abdel Wahid A.** COVID-19 and sudden sensorineural hearing loss: a case report. *Otolaryngol Case Rep.* 2020;**16**:100198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.xocr.2020.100198>
4. **Lisyany MI, Belskaya LM, Klyuchnikova AI, Krasi-lenko EP.** Kharakterystyka autoimunnykh ta zapalnykh reaktsii u viddalennomu periodi pislia infektsii COVID-19 [The state of long-term autoimmune and inflammatory reactions after COVID-19]. *Fiziol Zh.* 2022;**68**(5):3–9. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15407/fz68.05.003>
5. **Baig AM, Khaleeq A, Ali U, Syeda H.** Evidence of the COVID-19 virus targeting the CNS: tissue distribution, host-virus interaction, and proposed neurotropic mechanisms. *ACS Chem Neurosci.* 2020;**11**(7):995–8. doi: <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.0c00122>
6. **Mao L, Jin H, Wang M, Hu Y, Chen S, He Q, et al.** Neurologic manifestations of hospitalized patients with coronavirus disease 2019 in Wuhan, China. *JAMA Neurol.* 2020;**77**(6):683–90. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2020.1127>
7. **Degen C, Lenarz T, Willenborg K.** Acute profound sensorineural hearing loss after COVID-19 pneumonia. *Mayo Clin Proc.* 2020;**95**(8):1801–3. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmayocp.2020.05.034>
8. **Wu Y, Xu X, Chen Z, Duan J, Hashimoto K, Yang L, et al.** Nervous system involvement after infection with COVID-19 and other coronaviruses. *Brain Behav Immun.* 2020;**87**:18–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.03.031>
9. **Vaira LA, Salzano G, Deiana G, De Riu G.** Anosmia and ageusia: common findings in COVID-19 patients. *Laryngoscope.* 2020;**130**(7):1787. doi: <https://doi.org/10.1002/lary.28692>
10. **Shydlovskaya TA, Bezega MI, Volkova TV, Bezega BM.** Terminy vynyknennia i tryvalist skarh shchodo stanu sensornykh system u osib, yaki perekhvorili na COVID-19 [Timing and duration of sensory complaints in COVID-19 survivors]. *Otorhinolaryngology.* 2024;**7**(2):27–33. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.37219/2528-8253-2024-2-27>
11. **Shydlovskaya TA, Bezega MI, Volkova TV, Bezega BM.** Zastosuvannia spetsialnogo opytuvalnyka dlia vyavlennia ushkodzhennia analizatornykh system u khvorykh na COVID-19 [Use of a special questionnaire to detect damage to sensory systems in COVID-19 patients]. *Otorhinolaryngology.* 2025;**8**(3–4):16–26. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.37219/2528-8253-2025-3-4-16>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Комплексна клініко-інструментальна характеристика стану сенсорних систем — слухового, нюхового та вестибулярного аналізаторів, а також екстрауральних проявів при COVID-19», що фінансується Національною академією медичних наук України, № держреєстрації 0121U113546.

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

КОЗАК Микола: концептуалізація, curaція даних. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3180-2132>

БЕЗЕГА Михайло: методологія, написання — оригінальний проект. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1250-1190>

ВОЛКОВА Тетяна: формальний аналіз. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-1533>

ГВОЗДЕЦЬКИЙ Віктор: формальний аналіз. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4663-141X> e-mail: lorprof6@ukr.net

БІЛЯКОВА Ірина: дослідження, візуалізація. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7921-069X>

ПЕЛІШЕНКО Наталія: дослідження, програмне забезпечення. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8708-4435>

Отримано: 05.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

Studies were carried out within the framework of the research «Comprehensive clinical and instrumental characteristics of the state of sensory systems — auditory, olfactory and vestibular systems, as well as extraaural manifestations in COVID-19», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, State Registration No. 0121U113546.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KOZAK Mikola: conceptualization, data curation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3180-2132>

BEZEGA Mykhailo: methodology, original draft preparation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1250-1190>

VOLKOVA Tatiana: formal analysis. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-1533>

HVOZDETSKYI Viktor: formal analysis. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4663-141X> e-mail: lorprof6@ukr.net

BIELIAKOVA Iryna: investigation, visualization. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7921-069X>

PELESHENKO Nataliia: investigation, software. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8708-4435>

Received: 05.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



ВПЛИВ ГІПОПРЕСИВНИХ ТРЕНУВАНЬ НА ВЕНТИЛЯЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ ЛЕГЕНІВ ТА ЯКІСТЬ ЖИТТЯ ЖІНОК РЕПРОДУКТИВНОГО ВІКУ З ДИСФУНКЦІЄЮ ТАЗОВОГО ДНА

Таможанська Г.В.

Національний
фармацевтичний
університет,
м. Харків, Україна

- Дисфункція тазового дна (ДТД) є поширеною патологією серед жінок, яка суттєво погіршує їхню якість життя. Тісний біомеханічний та патогенетичний зв'язок між тазовою та грудною діафрагмами зумовлює доцільність оцінки вентиляційної здатності легенів при застосуванні відновлювальних програм.
- **МЕТА** дослідження — дослідити динаміку показників вентиляційної функції та рівень пов'язаної зі здоров'ям якості життя у жінок репродуктивного віку з дисфункцією тазового дна під впливом курсів гіпопресивного тренування черевного преса.
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** У дослідження залучено 54 жінки репродуктивного віку (18–45 років) із ДТД, яких рандомізували у співвідношенні 1:1 до основної (ОГ, $n = 27$) та контрольної (КГ, $n = 27$) груп. Учасниці ОГ проходили 12-тижневу програму гіпопресивних тренувань (2 рази на тиждень по 30 хвилин). Оцінку вентиляційної здатності здійснювали методом форсованої спірометрії, оцінку якості життя — за валідованим опитувальником SF-12. Статистичний аналіз проводили за допомогою двофакторного ANOVA з повторними вимірюваннями.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Під впливом 12-тижневого курсу гіпопресивних вправ в ОГ зафіксовано статистично значущий приріст форсованої життєвої ємності легень (ФЖЄЛ) на 15,54%, об'єму форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1) на 15,74% та пікової об'ємної швидкості видиху (ПОШ) на 12,32%. Встановлено статистично значущу міжгрупову різницю (взаємодія «Група × Час») за показниками співвідношення ОФВ1/ФЖЄЛ ($p < 0,001$), миттєвої об'ємної швидкості на рівні 75% ФЖЄЛ (МОШ_{75%}, приріст в ОГ на 14,17%, $p = 0,018$) та середньої об'ємної швидкості видиху (СОШ_{25–75%}, приріст в ОГ на 14,93%, $p = 0,019$). За даними опитувальника SF-12 під впливом фактору часу виявлено позитивні зрушення за шкалами фізично-рольового функціонування, тілесного болю, життєздатності та підсумкового показника ментального здоров'я ($< 0,05$).
- **ВИСНОВКИ.** 12-тижнева програма гіпопресивних вправ ефективно покращує вентиляційну здатність, оптимізує дихальну механіку та прохідність дрібних і середніх дихальних шляхів за рахунок відновлення синергії грудної та тазової діафрагм, а також сприяє покращенню показників якості життя пацієнток із ДТД.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** дисфункція тазового дна, гіпопресивні вправи, спірометрія, вентиляційна здатність, якість життя, жінки репродуктивного віку.

THE IMPACT OF HYPOPRESSIVE TRAINING ON LUNG VENTILATION CAPACITY AND QUALITY OF LIFE OF WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE WITH PELVIC FLOOR DYSFUNCTION

Tamozhanska G.V.

National University
of Pharmacy,
Kharkiv, Ukraine

- Pelvic floor dysfunction (PFD) is a common pathology among women, which significantly worsens their quality of life. The close biomechanical and pathogenetic relationship between the pelvic and thoracic diaphragms determines the feasibility of assessing the ventilatory capacity of the lungs when using rehabilitation programs.
- **OBJECTIVE.** To investigate the dynamics of ventilatory function indicators and the level of health-related quality of life in women of reproductive age with pelvic floor dysfunction under the influence of courses of hypopressive abdominal training.
- **MATERIALS AND METHODS.** The study involved 54 women of reproductive age (18–45 years) with PFD, who were randomized in a 1:1 ratio to the main (MG, $n = 27$) and control (CG, $n = 27$) groups. The participants of the MG underwent a 12-week hypopressive training program (2 times a week for 30 minutes). Ventilation capacity was assessed by forced spirometry, and quality of life was assessed using the validated SF-12 questionnaire. Statistical analysis was performed using two-factor ANOVA with repeated measures.
- **RESULTS.** Under the influence of a 12-week course of hypopressive exercises in the MG, a statistically significant increase in forced vital capacity (FVC) by 15.54%, forced expiratory volume in the first second (FEV1) by 15.74%, and peak expiratory volume (PEV) by 12.32%. A statistically significant intergroup difference (interaction «Group × Time») was established in terms of the ratio of FEV1/FVC ($p < 0.001$), instantaneous volumetric flow rate at 75% of FVC (MEV_{75%}, increase in MG by 14.17%, $p = 0.018$) and mean volumetric flow rate (MEV_{25–75%}, increase in MG by 14.93%, $p = 0.019$). According to the SF-12 questionnaire, positive changes were found in the scales of physical and role functioning, bodily pain, vitality and the final mental health index (< 0.05).

■ **CONCLUSIONS.** A 12-week hypopressive exercise program effectively improves ventilatory capacity, optimizes respiratory mechanics and patency of small and medium airways by restoring thoracic and pelvic diaphragm synergy, and also contributes to improving quality of life indicators in patients with PFD.

■ **KEYWORDS:** *pelvic floor dysfunction, hypopressive exercise, spirometry, ventilatory capacity, quality of life, women of reproductive age.*

ВСТУП

Сучасне трактування здоров'я як сукупності фізичного, психологічного та соціального благополуччя формує основу концепції якості життя (ЯЖ). Дисфункція тазового дна (ДТД) суттєво погіршує ЯЖ жінок, зумовлюючи комплексний медико-соціальний та економічний тягар. Попри це, ДТД нерідко ігнорується у практичній охороні здоров'я через відсутність прямої загрози життю пацієнток [1]. Поширеність ДТД серед жіночого населення сягає 25%, зростаючи з віком до 53%, при цьому 3–6% жінок матимуть маніфестні симптоми протягом життя. За прогнозами ВООЗ, до 2050 року ДТД діагностуватимуть у третини жінок віком 45–65 років [2].

Етіологія ДТД є багатофакторною і переважно зумовлена акушерським анамнезом та віковими змінами. Ключовим патогенетичним чинником є підвищення внутрішньочеревного тиску, спричинене ожирінням, хронічним кашлем або запорами. Нормалізація внутрішньочеревного тиску потребує координованої роботи м'язів черевної стінки, діафрагми та тазового дна [3]. Синергізм діафрагми й тазового дна полягає у їхній спільній ексцентричній адаптації під час дихання, що демонструє чіткий зв'язок між дихальною механікою та функцією тазового дна. Водночас прямий причинно-наслідковий зв'язок між внутрішньочеревним тиском і всіма формами ДТД (зокрема диспареунією) не є універсальним. Відтак, ефективна відновлювальна стратегія вимагає комплексної оцінки стану попереково-тазово-стегнового комплексу, включаючи діафрагму, черевний прес та тазове дно [4].

Взаємозв'язок дихальної функції та стану тазового дна є визначальним для забезпечення стабільності таза та ефективного розподілу внутрішньочеревного тиску. Патологічні зміни механіки дихання, зумовлені хронічною бронхолегеневою патологією або дисфункціональними стереотипами дихання, провокують хронічне підвищення внутрішньочеревного тиску, що сприяє розвитку стресового нетримання сечі та пролапсу геніталій. Доведено, що поєднане тренування дихальних м'язів і тазового дна не лише зміцнює м'язи тазового дна, а й

покращує показники вентиляційної здатності [5]. Цій двонаправленій залежності приділяється особлива увага, адже вона обґрунтовує доцільність включення оцінки дихальної функції до протоколів реабілітації жінок із ДТД.

Серед наявних підходів до відновлення тазового дна особливу увагу привертає гіпопресивна гімнастика, яка базується на специфічному дихальному контролі. Класична сесія триває 20–60 хвилин у різних вихідних положеннях і передбачає чергування трьох діафрагмальних вдихів із післявидиховим апное та ексцентричним скороченням м'язів черевного преса. Попри відсутність беззаперечних переваг перед ізолюваним тренуванням м'язів тазового дна, гіпопресивний метод достовірно підвищує силу та витривалість як тазової діафрагми, так і глибоких м'язів тулуба [6]. Позитивний ефект пояснюється синергетичним включенням поперечного м'яза живота та мускулатури тазового дна [7].

Мета роботи — дослідити динаміку показників вентиляційної функції та рівень пов'язаної зі здоров'ям якості життя у жінок репродуктивного віку з дисфункцією тазового дна під впливом курсів гіпопресивного тренування черевного преса.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Критеріями включення у дослідження були: жіноча стать, вік 18–45 років та наявність клінічних симптомів ДТД тривалістю понад 6 місяців, верифікованих за допомогою опитувальників дистрес-аналізу м'язів тазового дна та впливу м'язів тазового дна [8]. У дослідженні брали участь 54 жінки.

Критерії виключення: систематичне виконання домашніх вправ або консервативне лікування ДТД протягом останнього року; хірургічні втручання на органах малого таза чи черевної порожнини в анамнезі; вагітність; а також наявність супутньої патології, що протипоказує фізичні навантаження (неконтрольована артеріальна гіпертензія, грижа стравохідного отвору діафрагми, тяжкі кардіореспіраторні захворювання).

Розподіл пацієнток на основну (ОГ, $n = 27$) та контрольну (КГ, $n = 27$) групи здійснювали у

співвідношенні 1:1 за методом мінімізації. Процедура рандомізації проводив засліплений дослідник, який не залучався до проведення терапевтичних втручань та реєстрації первинних результатів. Дослідник, відповідальний за збір і первинний аналіз даних, також був засліплений щодо групової належності учасниць.

Пацієнтки ОГ пройшли 12-тижневу програму гіпопресивних тренувань за протоколом LPF (Low Pressure Fitness), що передбачала 2 сесії на тиждень тривалістю по 30 хвилин кожна [9]. Перші два заняття були присвячені засвоєнню правильної біомеханіки дихання та вивченню базових постпостуральних положень гіпопресивної гімнастики.

Кожне тренування тривало 30 хвилин і розпочиналося з розминки, спрямованої на підготовку дихальної, постуральної та черевно-тазової мускулатури. Основна частина включала виконання статичних поз і динамічних переходів у вихідних положеннях стоячи, сидячи та на чотирьох кінцівках. Вправи виконувалися з дотриманням експіраторного апное тривалістю 20–30 секунд (залежно від рівня підготовленості учасників). Кожну вправу повторювали тричі, дотримуючись суб'єктивної інтенсивності 5–7 балів за шкалою BORG. Для забезпечення індивідуального прогресування заняття проводили у малих групах (до 5 осіб). Критерієм виключення з дослідження був пропуск понад двох занять.

Оцінку функціонального стану дихальної системи здійснювали методом форсованої спірометрії за допомогою спірометра SP10 (Contec). Тестування передбачало виконання максимального вдиху з наступним форсованим видихом. Аналізували такі показники: форсовану життєву ємність легень (ФЖЄЛ), об'єм форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1), пікову швидкість видиху (ПШВ), співвідношення ОФВ1/ФЖЄЛ (ОФВ1%), а також миттєві об'ємні швидкості на рівнях 25% (МОШ_{25%}) та 75% (МОШ_{75%}) ФЖЄЛ і середню об'ємну швидкість форсованого видиху на рівні 25–75% ФЖЄЛ (СОШ_{25–75%}) [10].

Оцінку якості життя, пов'язаної зі здоров'ям, здійснювали за допомогою валідованого опитувальника SF-12 (Short Form-12 Health Survey). Інструмент складається з 12 питань, що відображають 8 доменів здоров'я (по 2 пункти на кожен): фізичне функціонування, рольове фізичне функціонування, інтенсивність болю, загальне сприйняття здоров'я, життєздатність, соціальне функціонування, рольове емоційне

функціонування та ментальне здоров'я. Отримані результати трансформувалися у шкалу від 0 (найгірший рівень) до 100 балів (оптимальний стан здоров'я) [11].

Дослідження виконано з дотриманням біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (1964–2013 рр.), Закону України «Про захист персональних даних» та Наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Витяг з протоколу № 19 засідання Комісії з питань біоетики Національного фармацевтичного університету від 4 березня 2026 року. Усі учасниці були ознайомлені з дизайном програми реабілітації та надали інформовану письмову згоду на участь у дослідженні та обробку даних.

Статистичну обробку даних проводили у програмі IBM SPSS Statistics v.21.0. Кількісні змінні подано як $M \pm SD$, категоріальні — як n (%). Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Колмогорова-Смірнова. Вихідні міжгрупові відмінності оцінювали за допомогою t -критерію Ст'юдента та критерію χ^2 Пірсона. Вплив тренувань та часову динаміку аналізували за допомогою двофакторного ANOVA з повторними вимірюваннями (2×2 , Група $\times$ Час). Розмір ефекту визначали за допомогою парціального η^2 та d -статистики Коена ($d < 0,2$ — неістотний, $0,2$ – $0,5$ — малий, $0,5$ – $0,8$ — середній, $> 0,8$ — великий).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У дослідженні взяли участь 54 жінки репродуктивного віку (від 18 до 45 років) із клінічними проявами ДТД, які шляхом рандомізації були розподілені до ОГ ($n = 27$) та КГ ($n = 27$). Середній вік опитуваних становив $32,4 \pm 6,8$ року, а середній індекс маси тіла (ІМТ) відповідав нормативним значенням ($23,2 \pm 2,9$ кг/м²). Більшість учасниць мали вагінальні пологи в анамнезі (57,4%), не палили (85,2%) та мали помірний рівень регулярної фізичної активності (53,7%). Міжгруповий аналіз вихідних даних не виявив статистично значущих відмінностей за жодною з демографічних, антропометричних чи анамнестичних характеристик ($p > 0,05$ для всіх показників; *табл. 1*).

Це підтверджує однорідність і порівнянність сформованих груп до початку терапевтичного втручання.

За даними двофакторного дисперсійного аналізу з повторними вимірюваннями, для всіх досліджуваних спірометричних показни-

Таблиця 1. Базові демографічні та клінічні характеристики досліджуваних груп

Характеристика	Усі учасниці (n = 54)	КГ (n = 27)	ОГ (n = 27)	p
Вік, років	32,4 ± 6,8	33,1 ± 6,5	31,7 ± 7,1	0,452
Маса тіла, кг	62,8 ± 8,4	63,5 ± 8,1	62,1 ± 8,8	0,541
Зріст, см	164,2 ± 5,6	164,8 ± 5,3	163,6 ± 5,9	0,432
ІМТ, кг/м²	23,2 ± 2,9	23,4 ± 2,7	23,0 ± 3,1	0,618
Кількість вагітностей	1,3 ± 0,9	1,4 ± 0,9	1,2 ± 0,8	0,395
Кількість пологів	1,1 ± 0,8	1,2 ± 0,8	1,0 ± 0,7	0,328
Тип пологів, n (%)				
Не народжували	14 (25,9%)	6 (22,2%)	8 (29,6%)	0,532
Вагінальні пологи	31 (57,4%)	16 (59,3%)	15 (55,6%)	0,781
Кесарів розтин	5 (9,3%)	3 (11,1%)	2 (7,4%)	0,638
Обидва типи	4 (7,4%)	2 (7,4%)	2 (7,4%)	1,000
Куріння, n (%)				
Ні	46 (85,2%)	23 (85,2%)	23 (85,2%)	1,000
Так	8 (14,8%)	4 (14,8%)	4 (14,8%)	1,000
Фізичні вправи, n (%)				
Ні	25 (46,3%)	13 (48,1%)	12 (44,4%)	0,786
Так	29 (53,7%)	14 (51,9%)	15 (55,6%)	0,786

ків встановлено статистично значущий головний ефект фактору часу ($p < 0,05$). Щодо фактору міжгрупових відмінностей, статистично значущі зміни спостерігалися за показниками співвідношення ОФВ1/ФЖЄЛ (ОФВ1%), середньої об'ємної швидкості форсованого видиху на рівні 25–75% ФЖЄЛ (СОШ_{25–75%}) та миттєвої об'ємної швидкості на рівні 75% ФЖЄЛ (МОШ_{75%}); для решти спірометричних параметрів значущого ефекту цього фактору виявлено не було.

Аналіз функції зовнішнього дихання виявив чітку різнонаправлену динаміку між групами: якщо в КГ співвідношення ОФВ1% помірно зросло, то в ОГ після курсу LRF-тренувань відбулося статистично значуще зниження цього

показника як порівняно з вихідним рівнем, так і відносно КГ ($p < 0,05$). Натомість аналіз об'ємних швидкостей видиху засвідчив виражений позитивний ефект втручання: в ОГ спостерігалось високовірогідне зростання як СОШ_{25–75%}, так і МОШ_{75%} ($p < 0,01$). У той самий час у пацієнток КГ відбулося зниження цих параметрів, що зумовило наявність статистично значущої міжгрупової різниці за підсумками дослідження ($p < 0,05$ для СОШ_{25–75%} та $p < 0,01$ для МОШ_{75%}).

За результатами аналізу спірометричних показників у пацієнтів ОГ спостерігалася виражена позитивна динаміка за всіма досліджуваними параметрами, тоді як у КГ відмічалось їх помірне зниження (табл. 2).

Таблиця 2. Спірометричні показники

Показник	ОГ (n = 27)		КГ (n = 27)		Взаємодія «Група × Час» p-значення
	до	після	до	після	
ФЖЄЛ, л	2,51 ± 0,40	2,90 ± 0,37	2,79 ± 0,40	2,74 ± 0,38	0,429
ОФВ1, л	1,97 ± 0,45	2,28 ± 0,44	2,15 ± 0,50	2,00 ± 0,43	0,648
ПОШ, л/с	3,57 ± 1,14	4,01 ± 1,17	3,90 ± 1,40	3,54 ± 1,24	0,302
ОФВ1%	76,39 ± 14,01	79,11 ± 11,63	77,73 ± 13,41	73,48 ± 13,11	< 0,001
МОШ _{25%} , л/с	3,36 ± 1,07	3,72 ± 1,13	3,53 ± 1,35	3,18 ± 1,16	0,960
МОШ _{75%} , л/с	1,20 ± 0,45	1,37 ± 0,42	1,38 ± 0,48	1,22 ± 0,35	0,018
СОШ _{25–75%} , л/с	2,21 ± 0,66	2,54 ± 0,70	2,43 ± 0,80	2,16 ± 0,64	0,019

Примітка: дані подано як M ± SD.

Зокрема, рівень ФЖЄЛ в ОГ зростав на 15,54%, тоді як у КГ цей показник зменшився на 1,79%. Об'єм форсованого видиху за першу секунду в ОГ підвищився на 15,74%, на відміну від КГ, де зафіксовано зниження на 6,98%. Показник ПОШ в ОГ збільшився на 12,32%, а в КГ зменшився на 9,23%. Високозначущу міжгрупову різницю в динаміці зафіксовано за відносним показником ОФВ1%, який в ОГ зріс на 3,56%, тоді як у КГ він знизився на 5,47%. Аналіз швидкісних показників видиху також засвідчив позитивну тенденцію в ОГ: МОШ_{25%} зросла на 10,71% при її зниженні в КГ на 9,92%. Статистично значущі зміни між групами виявлено за показниками МОШ_{75%}, де приріст в ОГ склав 14,17% проти зниження в КГ на 11,59%, а також за СОШ_{25-75%}, яка в ОГ збільшилася на 14,93%, тоді як у КГ зменшилася на 11,11%.

Аналіз показників якості життя, пов'язаної зі здоров'ям, за даними опитувальника SF-12 засвідчив наявність статично значущих змін під впливом основного ефекту часу для низ-

ки ключових доменів та підшкал. Зокрема, суттєва позитивна динаміка протягом періоду спостереження спостерігалася за шкалою фізично-рольового функціонування, де відмічено вірогідну часову залежність ($F(1,117) = 5,26$; $p = 0,024$) з помірним розміром ефекту ($\eta^2 = 0,043$) (рис. 1).

Аналогічні виражені зміни зафіксовано в області оцінки тілесного болю ($F(1,117) = 12,80$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,098$), що вказує на помітне зменшення інтенсивності больового синдрому з часом та середній рівень сили ефекту. Найбільш суттєвий вплив фактор часу чинив на рівень життєздатності пацієнтів ($F(1,117) = 13,09$; $p < 0,001$), де розмір ефекту виявився найбільшим серед окремих шкал ($\eta^2 = 0,101$) і продемонстрував високу статистичну значущість. Окрім окремих категорій, статистично значущі часові зрушення виявлено і щодо узагальненого показника ментального здоров'я — зведеного балу ($F(1,117) = 6,88$; $p = 0,010$; $\eta^2 = 0,056$), що свідчить про загальне покращення психо-

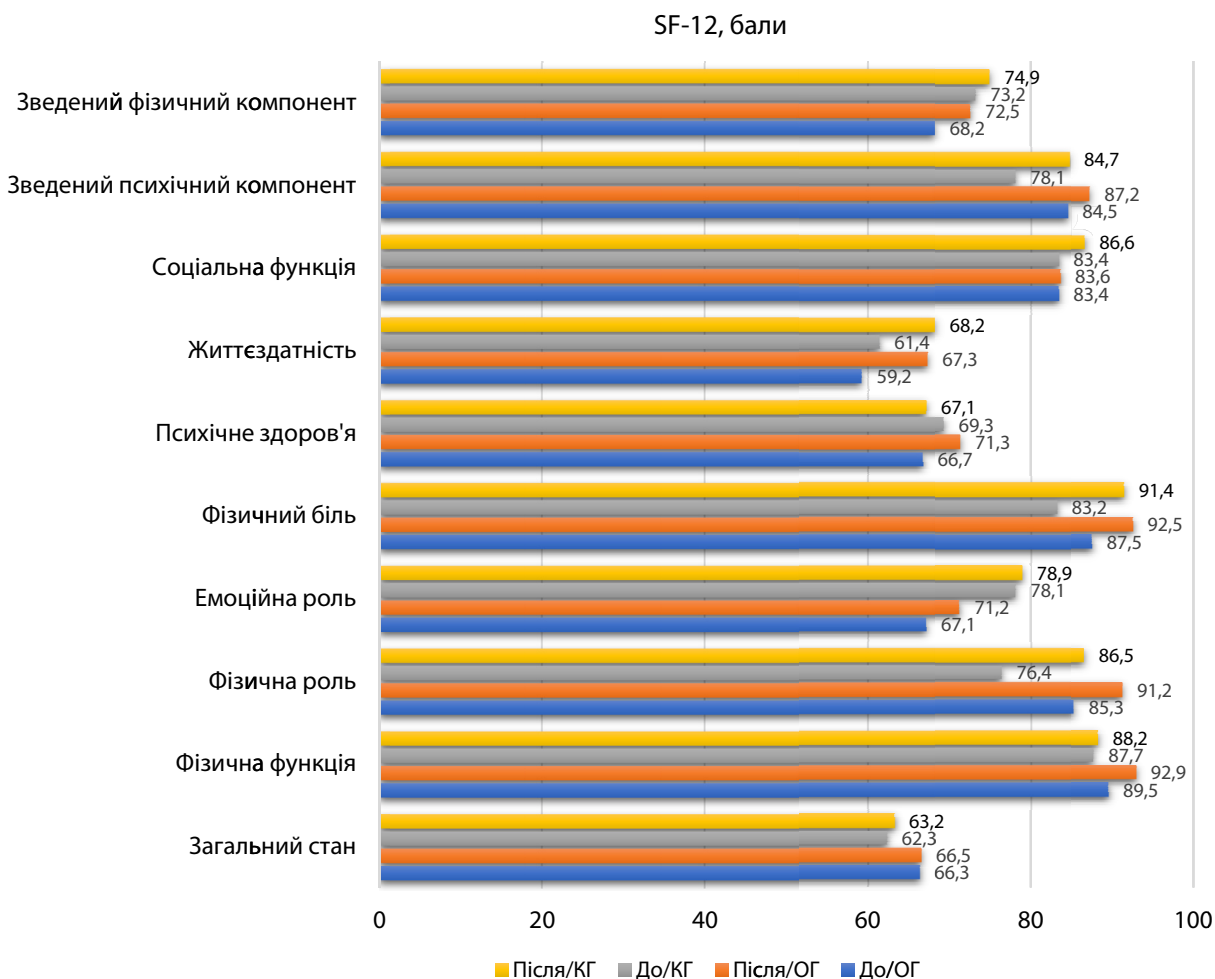


Рис. 1. Показники опитувальника якості життя (SF-12)

емоційного стану учасників у ході дослідження. Стосовно інших шкал та інтегральних компонентів анкети SF-12, статистично вірогідних ефектів та суттєвих динамічних змін зафіксовано не було ($p > 0,05$).

Дослідження оцінювало вплив 12-тижневого протоколу гіпопресивних вправ на стан м'язів тазового дна, вентиляційну функцію та ЯЖ жінок репродуктивного віку з ДТД. Результати підтверджують, що регулярні гіпопресивні тренування є високоефективним методом корекції ДТД, який додатково покращує респіраторну функцію порівняно з відсутністю лікування. Це узгоджується з даними про позитивний вплив таких маневрів на загальну вентиляцію [12] та свідчить про їхній високий клінічний потенціал у комплексному відновленні жінок.

Впровадження гіпопресивних вправ у практику подолання ДТД у жінок репродуктивного віку забезпечує ефективну корекцію тазових розладів і водночас оптимізує дихальну механіку. Оскільки діафрагма є ключовим постатуральним елементом, гіпопресивні тренування відновлюють синергію між діафрагмою та тазовим дном. На відміну від більшості праць, зосереджених виключно на тазовій мускулатурі (нетримання сечі, пролапс) [13, 14], наше дослідження розкриває подвійний ефект втручання, охоплюючи і маловивчену респіраторну ланку. Зростання ОФВ_{1%} та СОШ_{25–75%} свідчить про покращення прохідності як великих, так і дрібних дихальних шляхів, що розширює користь від корекції ДТД.

Щодо якості життя жінок репродуктивного віку з ДТД, позитивні зрушення за шкалами фізичного функціонування, тілесного болю та життєздатності не досягли статистичної значущості через високий вихідний рівень показників (стельовий ефект). Проте той факт, що 51,8% учасниць раніше не мали фізичних навантажень, підкреслює важливість таких тренувань для подолання ДТД і загального оздоровлення.

Отримані результати позиціонують гіпопресивні вправи як дієвий інструмент не лише для відновлення функції тазового дна у жінок репродуктивного віку, а й для підтримки їхнього психофізичного стану та регенерації після виснаження чи травм. Новизна нашого підходу полягає у доведенні синергетичного впливу терапії ДТД на легеневі об'єми та ЯЖ.

Покращення дихальної здатності разом із відновленням функціональності тазового дна підвищує ЯЖ, фізичну автономію та повсякден-

ну активність жінок. Зниження внутрішньочеревного тиску при виконанні гіпопресивних вправ усуває патологічне навантаження на тазове дно й одночасно зміцнює дихальні м'язи.

ВИСНОВКИ

12-тижнева програма гіпопресивних вправ продемонструвала виражений позитивний вплив на вентиляційну здатність та легеневі об'єми жінок репродуктивного віку з ДТД. В основній групі зафіксовано вірогідний приріст форсованої життєвої ємності легень (на 15,54%), об'єму форсованого видиху за першу секунду (на 15,74%) та пікової об'ємної швидкості видиху (на 12,32%).

Встановлено статистично значущу міжгрупову різницю за ефектом взаємодії факторів «Група × Час» за показниками співвідношення об'єму форсованого видиху за першу секунду до форсованої життєвої ємності легень, миттєвої об'ємної швидкості на рівні 75% форсованої життєвої ємності легень, де приріст в основній групі становив 14,17%, та середньої об'ємної швидкості форсованого видиху в інтервалі від 25 до 75% форсованої життєвої ємності легень, де приріст склав майже 15%. Це свідчить про високу ефективність гіпопресивних вправ щодо оптимізації механіки дихання та покращення прохідності дрібних і середніх дихальних шляхів завдяки відновленню синергічної роботи грудної та тазової діафрагм.

Застосування втручання зумовило статистично значущі позитивні зрушення за основними доменами якості життя (опитувальник SF-12) під впливом фактору часу. Відзначено зменшення інтенсивності больового синдрому, покращення фізично-рольового функціонування, підвищення рівня життєздатності та загальне покращення психоемоційного стану за сумарним показником ментального здоров'я.

Доведена доцільність включення гіпопресивних вправ до комплексних програм фізичної реабілітації жінок із ДТД як дієвого та безпечного методу, що усуває не лише тазові розлади, а й відновлює дихальну функцію та покращує психофізичний стан пацієнток.

ОБМЕЖЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження охоплювало лише 54 жінки репродуктивного віку (18–45 років) з одного регіону, що обмежує екстраполяцію результатів на інші вікові групи та пацієнток із важкими супутніми патологіями. Оцінка проводилася одразу після 12 тижнів втручання, що не дозво-

ляє оцінити стійкість ефекту в довгостроковій перспективі. Спірометрія фіксує лише вентиляційні об'єми та швидкості, але не дає змоги безпосередньо виміряти силу й витривалість дихальних м'язів.

НАПРЯМИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведення віддаленого контролю результатів через 6–12 місяців після завершення втручання для з'ясування довгострокової стійкості сформованих вентиляційних адаптацій та стабільності показників якості життя.

REFERENCES

1. Grimes WR, Stratton M. Pelvic floor dysfunction. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [updated 2023 Jun 26; cited 2026 Aug 10]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559246/>
2. Chen J, Luo J. Rehabilitation therapies in pelvic floor dysfunction for women. *J Community Health Nurs*. 2026;43(1):71–80. doi: <https://doi.org/10.1080/07370016.2025.2549814>
3. Hage-Fransen MAH, Wiezer M, Otto A, Wiefier-Platvoet MS, Slotman MH, Nijhuis-van der Sanden MWG, et al. Pregnancy- and obstetric-related risk factors for urinary incontinence, fecal incontinence, or pelvic organ prolapse later in life: a systematic review and meta-analysis. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2021;100(3):373–82. doi: <https://doi.org/10.1111/aogs.14027>
4. Aljuraifani R, Stafford RE, Hall LM, van den Hoorn W, Hodges PW. Task-specific differences in respiration-related activation of deep and superficial pelvic floor muscles. *J Appl Physiol* (1985). 2019;126(5):1343–51. doi: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00704.2018>
5. Herena-Funes MDC, Correia de Alencar C, Velázquez-Torres DM, Marrero García E, Castellote-Caballero Y, León-Morillas F, et al. Effects of hypopressive abdominal training on ventilatory capacity and quality of life: a randomized controlled trial. *Healthcare* (Basel). 2024;12(9):893. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare12090893>
6. Navarro Brazález B, Sánchez Sánchez B, Prieto Gómez V, De La Villa Polo P, McLean L, Torres La-comba M. Pelvic floor and abdominal muscle responses during hypopressive exercises in women with pelvic floor dysfunction. *Neurol Urodyn*. 2020;39(2):793–803. doi: <https://doi.org/10.1002/nau.24284>
7. Hernandez-Lucas P, Escobio-Prieto I, Moro López-Mencher P. Effects of hypopressive techniques on the CORE complex: a systematic review. *Healthcare* (Basel). 2025;13(12):1443. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare13121443>
8. Sánchez-Sánchez B, Torres-Lacomba M, Yuste-Sánchez MJ, Navarro-Brazález B, Pacheco-da-Costa S, Gutiérrez-Ortega C, et al. Cultural adaptation and validation of the Pelvic Floor Distress Inventory short form (PFDI-20) and Pelvic Floor Impact Questionnaire short form (PFIQ-7) Spanish versions. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2013;170(1):281–5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2013.07.006>
9. Katz CMS, Barbosa CP. Effects of hypopressive exercises on pelvic floor and abdominal muscles in adult women: a systematic review of randomized clinical trials. *J Bodyw Mov Ther*. 2024;37:38–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.03.003>
10. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, del Campo F, Galdiz JB, et al. Spirometry. Spanish Society of Pulmonology and Thoracic Surgery (SEPAR). *Arch Bronconeumol*. 2013;49(9):388–401. English, Spanish. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001>
11. Ware JE, Kosinski M, Keller SD. *SF-12: how to score the SF-12 physical and mental health summary scales*. 3rd ed. Lincoln (RI): QualityMetric Incorporated; 1998.
12. Chung Y, Huang TY, Liao YH, Kuo YC. 12-week inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength in adult patients with stable asthma: a randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):3267. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18063267>
13. Juez L, Núñez-Córdoba JM, Couso N, Aubá M, Alcázar JL, Mínguez JA. Hypopressive technique versus pelvic floor muscle training for postpartum pelvic floor rehabilitation: a prospective cohort study. *Neurol Urodyn*. 2019;38(7):1924–31. doi: <https://doi.org/10.1002/nau.24094>
14. Wojcik KA, Machado LTP, Bastos de Brito CI, Rebulido TR. Can 5-weeks of hypopressive exercise influence sagittal lumbo-pelvic position in athletic and non-athletic females? *Int J Exerc Sci*. 2023;16(4):550–62. doi: <https://doi.org/10.70252/KHQB6868>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри фізичної реабілітації і здоров'я Національного фармацевтичного університету «Науково-методичні аспекти фізичної терапії при захворюваннях різних систем організму» (номер державної реєстрації 0121U110208), терміни виконання 2026–2030 роки.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Автори рукопису заявляють, що в процесі проведення дослідження, підготовки та редагування цього рукопису вони ви-

FUNDING

The study is part of the planned research project of the Department of Physical Rehabilitation and Health of the National University of Pharmacy, «Scientific and Methodological Aspects of Physical Therapy for Diseases of Various Body Systems» (State Registration No. 0121U110208), to be conducted during 2026–2030.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that, during the conduct of the study and the preparation and editing of this manuscript, they used generative artificial intelligence services, namely ChatGPT 5.5 Pro (OpenAI,

користували такі сервіси генеративного штучного інтелекту, як ChatGPT 5.5 Pro (OpenAI, США) та Gemini Ultra 3.0 (Google, США), виключно в допоміжних технічних цілях, які не впливають на інтелектуальний зміст роботи: для перевірки граматики, орфографії й пунктуації; покращення чіткості та читабельності вже написаного авторами тексту без зміни його наукового змісту. Штучний інтелект не застосовувався для аналізу клінічних даних, інтерпретації результатів чи формулювання наукових висновків. Усі результати, інтерпретації та висновки верифіковані й перевірені авторами особисто, які несуть повну відповідальність за зміст праці.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

ТАМОЖАНСЬКА Ганна: дослідження, адміністрування проєкту, концептуалізація, написання.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2430-8467>
e-mail: Kulichka79@ukr.net

Отримано: 19.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

USA) and Gemini Ultra 3.0 (Google, USA), exclusively for auxiliary technical purposes that did not affect the intellectual content of the work: checking grammar, spelling, and punctuation, and improving the clarity and readability of text already written by the authors without altering its scientific content. Artificial intelligence was not used for the analysis of clinical data, interpretation of the results, or formulation of scientific conclusions. All results, interpretations, and conclusions were personally verified and reviewed by the authors, who take full responsibility for the content of the work.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

TAMOZHANSKA Ganna: research, project administration, conceptualisation, writing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2430-8467>
e-mail: Kulichka79@ukr.net

Received: 19.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



BACTERICIDAL EFFICIENCY OF WORKING DISINFECTANT SOLUTIONS

Pikhtirova A.¹,
Smiianov V.¹,
Ivakhniuk T.¹,
Shkromada O.²,
Ivchenko V.²,
Smiianova O.¹

¹ Sumy State University,
Sumy, Ukraine

² Sumy National
Agrarian University,
Sumy, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To investigate the effectiveness of working solutions of disinfectants against resistant microorganisms and microflora of inpatient departments of healthcare facilities.
- **MATERIALS AND METHODS.** The material for the study was working solutions of fifteen commercial disinfectants of different compositions, bacterial cultures (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) and microflora of inpatient departments of hospitals. The effectiveness was determined by the Oxford cups method on Mueller-Hinton medium. The study was conducted in duplicate.
- **RESULTS.** The bactericidal effectiveness of working solutions of disinfectants against the tested cultures of microorganisms was different. Thus, the effective working solutions Danaklin 3D and Green Line Basic were found to be effective, and the ineffective ones were Desactin and Lagocid 300. All other tested working solutions of disinfectants showed weak effectiveness.
- **CONCLUSIONS.** The results of our study indicate the importance of conducting such studies, since the effectiveness of the claimed working solutions may decrease over time. This fact is not associated with the development of resistance in microorganisms to disinfectants. It can be explained by the development of protective mechanisms in bacteria (for example, the formation of dry or wet biofilms), which create a certain barrier for the chemically active components of disinfectants. Therefore, we consider it necessary to recommend an increase in the concentration of disinfectants for effective disinfection in healthcare facilities.
- **KEYWORDS:** *disinfectants, effectiveness, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, hospital microflora.*

БАКТЕРИЦИДНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОЧИХ РОЗЧИНІВ ДЕЗІНФЕКТАНТІВ

Піхтірєва А.В.¹,
Сміянов В.А.¹,
Івахнюк Т.В.¹,
Шкромада О.І.²,
Івченко В.Д.²,
Сміянова О.І.¹

¹ Сумський державний
університет,
м. Суми, Україна

² Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

- **МЕТА.** Дослідити ефективність робочих розчинів деззасобів, щодо резистентних мікроорганізмів та мікрофлори стаціонарних відділень закладів охорони здоров'я.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Матеріалом для дослідження були робочі розчини п'ятнадцяти комерційних деззасобів різного складу, бактеріальні культури (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) та мікрофлора стаціонарних відділень лікарень. Визначення ефективності проводили за методом Оксфордських чашок на середовищі Мюллера-Хінтона. Дослідження проведене у двох повторностях.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Бактерицидна ефективність робочих розчинів деззасобів щодо тестованих культур мікроорганізмів була різною. Так, ефективними виявились робочі розчини Данаклін 3Д та Грін лайн базік, а неефективними — Дезактін та Лагоцид 300. Всі інші тестовані робочі розчини деззасобів проявляли слабку ефективність.
- **ВИСНОВКИ.** Результати нашого дослідження вказують на важливість проведення подібних досліджень, так як ефективність заявлених робочих розчинів може з часом знижуватись. Цей факт не пов'язаний із виробленням резистентності у мікроорганізмів до деззасобів. Його можна пояснити виробленням механізмів захисту у бактерій (наприклад, формування біоплівки сухих чи вологих), що створюють певний бар'єр для хімічно-активних компонентів деззасобів. Тому вважаємо за необхідне рекомендувати збільшення концентрації робочих розчинів деззасобів для ефективного проведення дезінфекції у закладах охорони здоров'я.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *деззасоби, ефективність, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, лікарняна мікрофлора.*

INTRODUCTION

Antimicrobial resistance is a significant public health threat. The WHO predicts that around 10 million deaths per year will be caused by multidrug-resistant microorganisms [1]. The Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System collects information and provides conclusions on multidrug-resistant strains of mi-

croorganisms based on data from 104 countries around the world. The monitoring covers the eight most common bacterial pathogens: *Acinetobacter* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Neisseria gonorrhoeae*, non-typhoidal *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pneumoniae*. They are the main cause of infections of the bloodstream, gas-

trointestinal tract, urinary tract and urogenital system [2].

Mechanical cleaning and chemical disinfection are the most important factors in controlling the spread of pathogens and reducing the number of healthcare-associated infections. Some microorganisms are known to survive for months on dry surfaces [3]. Formulated biocides play a crucial role as disinfectants, controlling microorganisms present on contaminated surfaces, leading to a reduction in the number of pathogens and, consequently, a reduction in the risk of their transmission [4].

New biocidal disinfectants undergo rigorous testing for efficacy according to protocols that should guarantee the product's effectiveness in practical use. Disinfectants approved for use in Ukraine must be included in the «State Register of Disinfectants». It is well known that the effectiveness of disinfectants depends on the test bacteria, as well as the test conditions (planktonic, surface-dried, wet or dry biofilm) and exposure time [4]. It is also necessary to consider the types of antimicrobial tests performed and factors related to the use of the product (contamination, contact time, surface type and target microorganism) [5].

The application technique of some biocidal products may include wiping, which in turn will contribute to the overall effectiveness of the product. *S. aureus* is a common pathogen associated with surfaces and materials in healthcare settings, particularly in inpatient and intensive care units. This organism is responsible for healthcare-associated infections. It is also an important cause of comorbidities in immunocompromised patients [6].

Objective. The objective of our work was to investigate the effectiveness of working solutions of disinfectants used in healthcare facilities against resistant microorganisms and microflora of inpatient departments of healthcare facilities.

MATERIALS AND METHODS

Selection of material for the study. Samples of disinfectants used for routine disinfection in inpatient departments of hospitals were kindly provided by the city's health care facilities. A total of 15 samples of various disinfectants were obtained (Table 1).

Filtered tap water was used to prepare working solutions.

Table 1. Main active ingredients of the tested disinfectants, concentrations, exposure time of working solutions according to the instructions

№	Means	Composition, active ingredients	Exposure, min.	Action
1	Chlorantine active	Sodium salt of dichlorocyanuric acid 80–98%; adipic acid, sodium bicarbonate, sodium carbonate, sodium sulfate, etc.	30	B, V, F, S, O, L
2	Danoxin special	Sodium percarbonate 15–18%, poly(hexamethylenebiguanide) hydrochloride 0.4–0.5%, etc.	60	B, V, F, S, O, L
3	Terracid premium	Propanediamine, aminopropyl-dodecyl 2%, phenoxyethanol 5%, alkyl-dimethylbenzyl ammonium chloride 18%, etc.	60	B, V, F, S, O
4	Desactin	Dichlorodimethylhydantoin 21–23%, dimethylhydantoin 12.4–16.4%, dispersant 9–12%, anionic surfactants 3.2–5%, etc.	60	B, V, F, C
5	Blanidas oxidez	Hydrogen peroxide 12%, alkyl-dimethylbenzylammonium chloride 3.75%, polyhexamethyleneguanidine hydrochloride 2%, etc.	60	B, V, F, S, O
6	SafeDez	Alkyl-dimethylbenzylammonium chloride 14–18%, aminopropyl-dodecyl-diamine 14–18%, isopropyl alcohol 5%, excipients, etc.	30	B, V, F, S
7	Danaclin 3D	Alkyl-dimethylbenzyl ammonium chloride 4.5–5.5%, poly(hexamethylene)guanidine hydrochloride 0.3–0.5%, etc.	30	B, V, F, S
8	Lagocid 300	Dimethylalkylbenzenemethanaminium chloride 15–20%, aminopropyl-dodecyl-diamine 2–6%, etc.	30	B, V, F, S
9	Vitadez EN	Alkyl-dimethylbenzylammonium chloride 18%, poly(hexamethylene)guanidine hydrochloride 1%, 2-phenoxyethanol 2.5%, enzyme complex 1.3%, etc.	60	B, V, F, S, O, L
10	CLEAN LINE	Aminopropyl-dodecylpropanediamine 4.5–5.72%, ammonium alkyl-dimethylbenzyl chloride 2.25–2.85%, isopropyl alcohol 2–2.5%, ethyl alcohol 2–2.5%, etc.	30	B, V, F, S

End of the Table 1

№	Means	Composition, active ingredients	Exposure, min.	Action
11	BacterioDez instru	Alkyldimethylbenzylammonium chloride 16–20%, aminopropyl dodecyl propanediamine 16–20%, isopropyl alcohol 5%, etc.	30	B, V, F, S, O, L
12	Quartacid chlorine active	Trichloroisocyanuric acid 43%, sodium salt of dichloroisocyanuric acid 20%, sodium bicarbonate 10%, sodium carbonate 20%, etc.	60	B, V, F, S
13	Danoxin concentrate	Sodium percarbonate 50–55%, tetraacetylenediamine 18–25%, etc.	60	B, V, F, S, O, L
14	Red line activ	Sodium salt of dichloroisocyanuric acid, excipients, active chlorine content not less than 50%	60	B, V, F
15	Green line bazic	Mixture of quaternary ammonium compounds 14.4%, dodecyl-dipropylene triamine 0.9%; polyhexamethyleneguanidine 1%, trilon B 0.5%, etc.	30	B, V, F

Note: B — bactericidal; V — virucidal; F — fungicidal; S — sporicidal; O — ovicidal; L — larvicidal.

Samples of hospital microorganisms were obtained from inpatient departments of city hospitals. For this purpose, swabs were taken from surfaces in treatment rooms (10 samples) and wards (10 samples) with a sterile swab (eSwab, Copan, USA) and immediately transported to the laboratory. The tubes with the samples were left in a thermostat for 2 days at a temperature of 37°C. Species identification of microorganisms was not performed.

Samples of resistant microorganisms for the study were obtained in the Microbiological Laboratory of the SE Medical Institute of Sumy State University. Identification of microorganisms was

carried out using generally accepted methods based on morphological, tincture, cultural and biochemical properties. The test cultures were 10 samples of *S. aureus* and 10 samples of *E. coli*. Bacterial cultures that were not sensitive to at least 3 antibiotics were considered resistant. A total of 20 samples were examined.

Determination of the sensitivity of microorganisms to basic disinfectant solutions. The study was conducted from 10.2025 to 02.2026 on the basis of the Microbiological Laboratory of the SE Medical Institute of Sumy State University. The antibacterial activity of working disinfectant solutions was assessed by the Oxford cup method.



Fig. 1. Testing using the Oxford Cup method

Previously, Oxford cups (stainless steel tubes with an inner diameter of 6 mm, an outer diameter of 8 mm, and a height of 10 mm) (E-commerce Co, China), Mueller-Hinton medium (Farmaktiv LLC, Ukraine), other materials and reagents were sterilized by autoclaving at a temperature of 121°C for 20 min.

After that, the bacterial suspension (about 10^6 CFU/ml) was applied by the lawn method to a Petri dishes on Mueller-Hinton medium. Oxford cups were placed on the surface of the medium (7 pcs.) and freshly prepared working disinfectant solutions (20 µl each) were added. Next, the Petri dishes were placed in a thermostat and incubated at a temperature of 37°C. After 24 hours of incubation, the growth inhibition zone inside and around the Oxford dishes was determined to assess the antibacterial activity of the solutions (see Fig. 1). The procedure was performed in duplicate.

RESULTS AND DISCUSSION

According to the effectiveness of the action, the working solutions of disinfectants were divided into 3 groups — effective (pronounced zone of growth inhibition around the cups), weakly effective (growth inhibition within the cup) and ineffective (no growth inhibition). As a result of the conducted studies, it was found that the tested

cultures showed similar sensitivity to the working solutions of disinfectants (Table 2).

Thus, the flora of hospital premises was sensitive to Blanidas oxidez, and *S. aureus* and *E. coli* showed average sensitivity. At the same time, the working solution Danoxin concentrate was ineffective against *S. aureus* and *E. coli* and weakly effective against hospital microflora.

According to the results, the microflora of treatment rooms was less sensitive to the action of almost all working disinfectant solutions than the microflora of hospital wards.

Chemical disinfectants used in healthcare facilities for routine disinfection of premises (surfaces) can be conditionally divided into chlorine-containing and non-chlorine-containing. It should be noted that the main active ingredient in 10 of the 15 solutions studied was chlorine. The content of active chlorine is of great importance in the preparation and subsequent use. Hypochlorites, the most common chlorine disinfectants, are available in liquid (e.g., sodium hypochlorite) or solid form (e.g., calcium hypochlorite). They have a wide spectrum of antimicrobial activity, do not leave toxic residues, are independent of water hardness, are inexpensive and fast-acting [7] and have low toxicity, but exhibit corrosive effects and are relatively stable.

Table 2. Sensitivity of microorganisms to working solutions of disinfectants

No	Means	%	<i>S. aureus</i> , <i>n</i> = 10	<i>E. coli</i> , <i>n</i> = 10	Treatment room microflora, <i>n</i> = 10	Ward microflora, <i>n</i> = 10
1	Chlorantine active	0,03	+/-	+/-	+/-	+/-
2	Danoxin special	0,05	—	—	—	—
3	Terracid premium	0,05	+	+/-	+/-	+/-
4	Desactin	0,10	—	—	—	—
5	Blanidas oxidez	0,10	+/-	+/-	+	+
6	SafeDez	0,05	+/-	+/-	+/-	+
7	Danaclin 3D	0,25	+	+	+	+
8	Lagocid 300	0,02	—	—	—	—
9	Vitadez EN	0,05	+	+/-	+	+
10	CLEAN LINE	0,10	+/-	+/-	+/-	+
11	BacterioDez instru	0,03	+	+/-	+/-	+
12	Quartacid chlorine active	0,02	+/-	+/-	+/-	+/-
13	Danoxin concentrate	0,05	—	—	+/-	+/-
14	Red line activ	0,05	+/-	+/-	+/-	+/-
15	Green line bazic	0,10	+	+/-	+	+

Note: + — effective; +/- — weakly effective; — — ineffective.

In our study, not all chlorine-containing agents in working solutions showed the same activity, which we primarily associate with the content of active chlorine. Thus, the working solutions Chlorantin active, Quartacid chlorine active and Red Line active showed weak effectiveness against all tested microorganisms. Terracid premium showed high effectiveness against *S. aureus*, and CefDez — against the microflora of hospital wards. Bacterio-Dez instru had high effectiveness against *S. aureus* and the microflora of the wards.

Among the tested chlorine-containing disinfectants, 2 were found, the working solutions of which were ineffective against all tested cultures — Desactin and Lagocid 300. This effect can be explained by the low concentration of the working solution, the low content of active chlorine, or the adaptive ability of microorganisms through the formation of biofilms. It is known that *S. aureus* complicates the disinfection process due to the possibility of forming dry surface biofilms [8], and bacteria can also develop increased tolerance or resistance to chlorine-containing disinfectants, but are unable to develop resistance to chlorine [9].

Working solutions of disinfectants based on sodium percarbonate — Danoxin special and Danoxin concentrate — were equally ineffective against resistant *S. aureus* and *E. coli*, but Danoxin concentrate showed average effectiveness against the microflora of hospital facilities. After dissolving in water, sodium percarbonate releases hydrogen peroxide, acting as a powerful oxidant. This makes it quite effective for removing various pathogenic microorganisms — bacteria, viruses, fungi [10]. The low effectiveness of the above working solutions in our study is most likely due to their insufficient concentration.

The working solution of Green Line basic was effective against all tested samples, although *E. coli* was still less sensitive. The basis of this disinfectant is a mixture of quaternary ammonium compounds that interact with several target sites of microorganisms. The mechanisms of their antimicrobial action are disruption of the cell membrane, inhibition of the aerobic respiratory system of microbes, precipitation of cytoplasmic material and deactivation of the protective lipid shell [11].

It should be noted that all the disinfectants studied, except for Chlorantin active (up to 80% active Cl) and Redline active (up to 50% active Cl), were mixtures of different chemically active substances. These substances are able to exhibit a synergistic effect, enhancing the action of disinfectants [12].

CONCLUSIONS

Our study revealed certain shortcomings in the effectiveness of working solutions of disinfectants. The results indicate the importance of conducting such studies, since the effectiveness of the declared solutions may decrease over time. This fact is not associated with the development of resistance in microorganisms to disinfectants. It can be explained by the development of defense mechanisms in bacteria (for example, the formation of dry or wet biofilms), which create a certain barrier for the chemically active components of disinfectants. Therefore, we consider it necessary to recommend increasing the concentration of disinfectant solutions for effective disinfection in healthcare facilities.

REFERENCES

1. Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022;399(10325):629–55.
doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
2. World Health Organization. Global antibiotic resistance surveillance report 2025: WHO Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) — summary. Geneva: World Health Organization; 2025.
doi: <https://doi.org/10.2471/B09585>
3. **Kramer A, Schwebke I, Kampf G.** How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis*. 2006;6:130.
doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>
4. **Maillard JY, Pascoe M.** Disinfectants and antiseptics: mechanisms of action and resistance. *Nat Rev Microbiol*. 2024;22(1):4–17.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00958-3>
5. **Artasensi A, Mazzotta S, Fumagalli L.** Back to basics: choosing the appropriate surface disinfectant. *Antibiotics* (Basel). 2021;10(6):613.
doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10060613>
6. **Cheung GYC, Bae JS, Otto M.** Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. *Virulence*. 2021;12(1):547–69.
doi: <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1878688>
7. **Rutala WA, Weber DJ.** Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev*. 1997;10(4):597–610.
doi: <https://doi.org/10.1128/CMR.10.4.597>
8. **Almatroudi A, Tahir S, Hu H, Chowdhury D, Goshell IB, Jensen SO, et al.** *Staphylococcus aureus* dry-surface biofilms are more resistant to heat treatment than traditional hydrated biofilms. *J Hosp Infect*. 2018;98(2):161–7.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.09.007>
9. **Adefisoye MA, Olaniran AO.** Does chlorination promote antimicrobial resistance in waterborne pathogens? Mechanistic insight into co-resistance and its implication for public health. *Antibiotics* (Basel). 2022;11(5):564.
doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11050564>

10. **Liu L, Li L, Wang P, Cui J, Chong G, Zhang Y, et al.** Performance and mechanism of antibiotic-resistant bacteria inactivation in water using a novel UV-LED/sodium percarbonate disinfection process. *Process Saf Environ Prot.* 2025;**204**:108117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.108117>
11. **Osimitz TG, Droege W.** Adverse outcome pathway for antimicrobial quaternary ammonium compounds. *J Toxicol Environ Health A.* 2022;**85**(12):494–510. doi: <https://doi.org/10.1080/15287394.2022.2037479>
12. **Harrison JJ, Turner RJ, Joo DA, Stan MA, Chan CS, Allan ND, et al.** Copper and quaternary ammonium cations exert synergistic bactericidal and antibiofilm activity against *Pseudomonas aeruginosa*. *Antimicrob Agents Chemother.* 2008;**52**(8):2870–81. doi: <https://doi.org/10.1128/AAC.00203-08>

FUNDING

No financial support was received from any individuals or organizations for the conduct or publication of this work. This work was carried out as part of the master's research «Evaluation of the effectiveness of basic disinfectant solutions against multiresistant microorganisms and flora of inpatient departments of hospitals in the city of Sumy».

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

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

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

PIKHTIROVA Alina: data curation, investigation, methodology, validation, visualization, writing — original draft, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-8828>

e-mail: a.pikhtirova@med.sumdu.edu.ua

SMIIANOV Vladyslav: conceptualization, supervision, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4240-5968>

e-mail: v.smilianov@med.sumdu.edu.ua

IVAKHNIUK Tatyana: methodology, visualization, writing — original draft, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5851-2218>

e-mail: t.ivakhnjuk@med.sumdu.edu.ua

SHKROMADA Oksana: data curation, visualization, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1751-7009>

e-mail: oshkromada@gmail.com

IVCHENKO Viktoriia: methodology, validation, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5985-9712>

e-mail: lvchenkovd@gmail.com

SMIIANOVA OIha: conceptualization, validation, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5823-924X>

e-mail: o.smianova@med.sumdu.edu.ua

ФІНАНСУВАННЯ

Фінансової підтримки від жодних осіб чи організацій для проведення або публікації цієї роботи не було отримано. Ця робота виконана в рамках магістерського дослідження «Оцінка ефективності базових дезінфекційних розчинів проти мультирезистентних мікроорганізмів та флори стаціонарних відділень лікарень міста Суми».

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Генеративний штучний інтелект не використовувався у написанні цієї статті.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ПІХТІРЬОВА Аліна: курування даних, дослідження, методологія, валідація, візуалізація, написання — оригінальний варіант, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-8828>

e-mail: a.pikhtirova@med.sumdu.edu.ua

СМІЯНОВ Владислав: концептуалізація, керівництво, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4240-5968>

e-mail: v.smilianov@med.sumdu.edu.ua

ІВАХНІУК Тетяна: методологія, візуалізація, написання — оригінальний варіант, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5851-2218>

e-mail: t.ivakhnjuk@med.sumdu.edu.ua

ШКРОМАДА Оксана: курування даних, візуалізація, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1751-7009>

e-mail: oshkromada@gmail.com

ІВЧЕНКО Вікторія: методологія, валідація, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5985-9712>

e-mail: lvchenkovd@gmail.com

СМІЯНОВА Ольга: концептуалізація, перевірка, написання — рецензування та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5823-924X>

e-mail: o.smianova@med.sumdu.edu.ua

Отримано: 13.08.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

Received: 13.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОГО НАГЛЯДУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ. АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ

Голубятников М.І.^{1,2},
Тюпа В.В.¹,
Джуртубаєва Г.М.¹,
Герасименко О.А.^{1,2},
Мельник О.А.¹

¹ Філія «Протичумний інститут імені І.І. Мечнікова» Державної установи «Центр громадського здоров'я МОЗ України», м. Одеса, Україна

² Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна

- **МЕТА.** Аналіз викликів для системи епідеміологічного нагляду України, спричинених змінами клімату за останнє десятиліття, та систематизація міжнародного досвіду з адаптації протиепідемічних заходів, інфекційного контролю і біобезпеки у високотемпературному середовищі.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Контент-аналіз публікацій наукових баз даних, нормативно-правових документів і рекомендацій ВООЗ щодо функціонування медичних установ та лабораторій у спекотних регіонах.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Зміни клімату чинять вплив на перебіг трансмісивних, кишкових інфекцій та зоонозів. Скорочення зовнішнього інкубаційного періоду у векторів (*Culex*, *Aedes*, *Ixodidae*) пришвидшує передачу векторних інфекцій (гарячка Західного Нілу, денге, малярія). Тривале перебування населення в кондиціонованих приміщеннях під час спеки підвищує ризик поширення респіраторних патогенів. У закладах охорони здоров'я високі температури стимулюють утворення біоплівки, прискорюють деградацію дезінфектантів та створюють оптимум для розмноження опортуністичних патогенів (*Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*). Робота персоналу в засобах індивідуального захисту за умов спеки може спричиняти тепловий стрес і зниження когнітивно-моторних функцій, що підвищує ризик порушення біобезпеки під час їх знімання (doffing). Зауважено про вразливість «холодового ланцюга» для медичних імунобіологічних препаратів та реагентів при транспортуванні.
- **ВИСНОВКИ.** В умовах змін клімату актуальним є трансформація діючої системи нагляду в країні до інтегрованого епідеміологічного нагляду (Integrated Disease Surveillance) із залученням метеоіндикаторів до систем раннього застереження (Early Warning Systems). Модернізація захисту передбачає корекцію стандартних операційних процедур з дезінфекції та мереж WASH, нормування роботи персоналу в ЗІЗ, оснащення епідбригад засобами термомоніторингу і тренування комунікації ризиків щодо загроз для громадського здоров'я.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** кліматичні зміни; епідеміологічний нагляд; інфекційний контроль; біологічна безпека; переносники інфекцій; тепловий стрес; холодний ланцюг.

FEATURES OF THE OPERATION OF EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE SYSTEMS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE. AN ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE

Golubyatnikov M.I.^{1,2},
Tiupa V.V.¹,
Dzhurtubaieva H.M.¹,
Gerasymenko O.A.^{1,2},
Melnik O.A.¹

¹ «Anti-Plague Institute named after I.I. Mechnikov» of the State Institution «Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine», Odesa, Ukraine

² Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To analyze the challenges faced by Ukraine's epidemiological surveillance system as a result of climate change over the past decade and to systematize international experience in adapting epidemic control measures, infection prevention and control, and biosafety practices to high-temperature environments.
- **MATERIALS AND METHODS.** Content analysis of scientific publications from databases, regulatory documents, and WHO recommendations concerning the functioning of healthcare facilities and laboratories in hot regions.
- **RESULTS.** Climate change impacts the dynamics of vector-borne, enteric, and zoonotic infections. A reduction in the extrinsic incubation period in vectors (*Culex*, *Aedes*, *Ixodidae*) accelerates the transmission of vector-borne infections, including West Nile fever, dengue, and malaria. Prolonged periods spent in air-conditioned indoor environments during heatwaves increase the risk of respiratory pathogen transmission. In healthcare facilities, high temperatures promote biofilm formation, accelerate disinfectant degradation, and create optimal conditions for the proliferation of opportunistic pathogens (*Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*). Working in personal protective equipment (PPE) under hot conditions can cause heat stress and impair cognitive-motor functions, thereby increasing the risk of biosafety breaches during PPE removal (doffing). The vulnerability of the cold chain for immunobiological medicinal products and reagents during transport is also underlined.
- **CONCLUSIONS.** Under climate change conditions, transforming the country's current surveillance framework toward Integrated Disease Surveillance by incorporating meteorological indicators into Early Warning Systems is highly relevant. Protection modernization requires revising standard operating procedures

(SOPs) for disinfection and WASH infrastructure, regulating working conditions for personnel wearing PPE, equipping epidemiological response teams with temperature-monitoring devices, and conducting risk communication training regarding public health threats.

■ **KEYWORDS:** *climate change; epidemiological surveillance; infection control; biosafety; disease vectors; heat stress disorders; refrigeration.*

ВСТУП

Зміна клімату вже є чинником, який необхідно враховувати під час оцінки інфекційних ризиків та планування медико-санітарних заходів у системі громадського здоров'я. Глобальне потепління вже перейшло в активну фазу тривалого кліматичного зсуву, а останні роки офіційно стали найспекотнішими за всю історію спостережень. Кліматичні зміни більше не є довгостроковим прогнозом — це вже діючий чинник, що впливає на функціонування екосистем, економічні процеси та умови життя населення. Практика епідеміологічного моніторингу останніх років свідчить про те, що кліматичні зміни діють як потужні важелі перебудови екологічних ніш [3, 35]. Хвилі виснажливої спеки стають довшими та жорсткішими, приносячи усе більше жертв, у тому числі і в Європейських країнах. Розбалансування гідрологічних циклів — процес раптових змін тривалих посух об'ємними паводками — змінює умови існування носіїв та векторів інфекцій, що врешті-решт підштовхує вгору графіки глобальної захворюваності [3, 5, 41].

Свіжі зведення Європейської служби Copernicus (C3S) та метеорологів із WMO, містять невітні висновки. Європа зараз потеплішає чи не найшвидше за всі інші континенти. Починаючи з середини 1990-х років, темп приросту середньої температури на нашому континенті сягає 0,56°C за десятиліття. Цей показник перевищує середньоглобальний темп потепління більш ніж удвічі (0,27°C). Якщо брати точку відліку від доіндустріальної епохи, то повітря в Європі прогрілося вже орієнтовно на 2,5°C. До того ж, Центральна-Східний регіон займає тут особливе місце, темпи потепління в цьому регіоні наближаються до 0,5–1,0°C за кожні десять років [15].

Значення цих тенденцій для України. Порівнюючи кліматичні блоки 1960–1990 рр. та 1990–2020 рр., ми бачимо, що середня річна температура впевнено «сягнула» вгору на 1,2°C. Найбільші зміни температурного режиму спостерігалися в літні та зимові місяці на 1,5–2,0°C [62]. Це суттєво випереджає загальносвітові рамки. Середній темп потепління в Україні оцінюють у 0,4–0,6°C за десятиліття, проте в окремі

роки реєструвались значно більші відхилення від норми, як, наприклад, в аномальних 2020 та 2024 рр., коли показники відхилення склали 2,2–2,9°C [53].

За останні десятиліття в Україні відзначається зміщення температурних характеристик, притаманних окремим кліматичним зонам, у північному напрямку. За останні три десятиліття лінії ізотерм України, фактично, зсунулися на 250–400 км на північ. Полісся та Лісостеп за температурним профілем поступово перетворюються на колишній Степ, а теплий період розтягнувся на тижні. Такі зміни можуть створювати сприятливі умови для підтримання популяцій переносників і, відповідно, циркуляції окремих збудників.

Для національної системи охорони здоров'я адаптація до нових температурних реалій стала не теоретичним питанням, а практичними завданнями з біобезпеки, про що свідчать законодавчі документи. Так розпорядженням КМУ від 30.05.2024 р. № 483 схвалено стратегію формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року та затверджено операційний план її реалізації.

Механіка впливу високих температур на епідеміологічний процес. Вплив високих температур на епідеміологічний процес обумовлюється фізіологією та біохімією переносників. Підвищення середньодобової температури прискорює накопичення вірусних часток у слинних залозах комарів. Підвищення температури в межах фізіологічно придатного для переносника діапазону може істотно скорочувати зовнішній інкубаційний період вірусу. Водночас величина цього ефекту залежить від виду та популяції комара, властивостей вірусу й умов експерименту. Тому температурні пороги доцільно використовувати не як універсальні значення, а як параметри конкретних моделей ризику. До прикладу, за температури +20°C зовнішній інкубаційний період (extrinsic incubation period, EIP) у комарів, при інфікуванні вірусом Західного Нілу триває близько двох тижнів, при — +30°C цей процес скорочується всього до 5 днів. [19, 64] Тобто часовий інтервал між укусом хворої особи та здатністю комара заражати інших скорочується майже

втричі. Таким чином, підвищення температури може скорочувати зовнішній інкубаційний період окремих арбовірусів у переносників і тим самим створювати сприятливіші умови для їх передачі і має критичні наслідки для епідеміологічного процесу.

У Одеському регіоні вже маємо чітке підтвердження цього феномену. Моніторингові дані свідчать про локальну інтродукцію *Aedes albopictus* та формування умов для його розмноження (*Aedes albopictus*). Відбулося формування локальних мікроосередки виплоду безпосередньо в міському середовищі. [42]

Інший приклад — гарячка Західного Нілу (ГЗН). Коли аномально висока температура (до +30°C) утримується аж до вересня–жовтня, це дає вірусу необхідний температурний поріг для неперервної реплікації. Результати спалаху 2024 року, за офіційною інформацією ЦГЗ, в Україні виявилися наступними — 99 підтверджених випадків ГЗН (за даними сайту ЦГЗ), причому з «географічним стрибком» у центральні та північні області (Київську, Житомирську, Полтавську, Черкаську, Хмельницьку). Процес циркуляції вірусу в цьому випадку підтримують як природний орнітофільний вектор (*Culex pipiens f. pipiens*), так і синантропний міський комар (*Culex pipiens f. molestus*) [42].

Занепокоєння викликають процеси зміни режимів живлення гідрологічної мережі. Через зменшення об'ємів снігового та підземного джерел живлень та антропогенне навантаження, понад 20 тисяч малих річок України повністю втратили течію або перетворюються на фрагментовані, відрізані від джерел живлення водойми [28, 43]. Зарегульованість русел, ігнорування правил експлуатації водоохоронних зон, малосніжні зими — приводить до критичного виснаження підземних водних горизонтів. На Півдні цей процес набув ризикованих форм. Перетворення малих річок на перегріті застійні водойми, з надлишком органічних речовин, створює сприятливі умови для зростання кількості випадків реєстрації трансмісивних та зоонозних інфекцій. Зменшення площі водного дзеркала не обов'язково супроводжується зниженням чисельності комарів. За умов формування невеликих мілководних і частково ізольованих водойм можуть виникати придатні для розвитку личинок біотопи. У південних регіонах України це питання потребує додаткового ентомологічного дослідження. У підсумку, сезон активності кровососів подовжився орієнтовно на 2–3 тижні — тепер він тягнеться

з травня до середини жовтня. Носії зоонозних інфекцій також скупчуються біля обмежених джерел води. А місцеве населення активно залучає ці водойми до використання у власній господарській діяльності, в тому числі і підсобному тваринництві та птахівництві [14, 15, 52].

Трансформуються й хронологічні межі реєстрації випадків зоонозних інфекцій. Спорадичні випадки тепер фіксують майже цілорічно — з березня по листопад. Зміна клімату та аномально теплі зими суттєво порушують природні механізми регуляції популяцій шкідників, що безпосередньо підвищує ризики інфекційних захворювань для людини.

Через відсутність стабільних морозів та високого снігового покриву природна смертність переносників мінімізується, а період їхньої активності стає майже цілорічним.

Загалом, зсув кліматичного режиму певної території трансформує усі ланки епідпроцесу [3, 4]. Висока температура розганяє метаболізм і швидкість реплікації бактерій та вірусів у довкіллі [3, 5]. Переносники розвиваються швидше, ЕІР скорочується, а їхні ареали розширюються на північ та у вищі гірські території, до цього вільні від циркуляції збудника [3, 40, 63].

З іншого боку, екстремальна спека виснажує й саму людину. Фізіологічні компенсаторні механізми піддаються тепловому стресу, а поведінка людей змінюється: люди витрачають значний час у закритих кондиціонованих приміщеннях або біля відкритих водойм [48, 60]. За таких умов можуть зростати ризики передачі окремих інфекційних захворювань, та створює сприятливіші умови для формування або розширення природних осередків інфекцій [5, 25].

Мета роботи проаналізувати увесь комплекс кліматичних викликів для системи епідеміологічного нагляду України, що сформувалися за останнє десятиліття (хвилі спеки, зміни гідрологічного режиму тощо), та узагальнити міжнародний досвід. Це необхідно для розробки практичних шляхів пристосування національної системи — передусім у сферах протиепідемічної готовності, інфекційного контролю та реагування на надзвичайні ситуації в сфері громадського здоров'я за підвищених температур [35].

Для досягнення мети визначено такі завдання: проаналізувати світовий масив даних щодо впливу спеки на біологію переносників, ЕІР та трансмісію арбовірусів, паразитарних і зоонозних патогенів та впливу кліматичних

факторів на епідеміологію харчових, водних та госпітальних інфекцій. Узагальнити міжнародні стандарти охорони праці персоналу ЗОЗ та ЦКПХ під час роботи в ЗІЗ в умовах високих температур [59]. Систематизувати досвід застосування концепції «Єдине здоров'я» (One Health) у міжсекторальній взаємодії, систем раннього застереження (EWS) та WebGIS-технологій для моніторингу загрози спалахів. Окреслити напрямки та надати на розгляд читачів пропозиції щодо гармонізації нормативно-правової бази України, посилення лабораторного моніторингу та підвищення кадрових спроможностей системи епідеміологічного нагляду країни.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

З метою формування об'єктивного наукового підґрунтя, проводився огляд наукових публікацій, нормативних документів та рекомендацій міжнародних організацій щодо впливу кліматичних факторів на інфекційні захворювання, епідеміологічний нагляд та функціонування закладів охорони здоров'я [3]. Пошук релевантних публікацій виконаний в міжнародних наукометричних базах PubMed, Embase і Web of Science. Разом з цим детально опрацьовані реєстри нормативних документів, офіційні звіти й керівництва ВООЗ (WHO), ECDC та CDC [10].

Глибина пошуку обмежена хронологічними рамками 2010–2024 рр., основний акцент зроблено на працях останнього десятиліття. Пошуковий алгоритм побудований на комбінаціях словникових MeSH-термінів (Medical Subject Headings) та ключових слів: *high temperature, heatwave, climate change, global warming, infectious disease surveillance, vector-borne diseases, extrinsic incubation period, foodborne infections, waterborne diseases, legionellosis, infection control, personal protective equipment, heat stress, cold chain, early warning systems, One Health* [4, 41].

Проаналізовані матеріали, які відповідали трьом суворим критеріям. Перш за все, це наявність наукового рецензування (peer-reviewed articles) у вигляді систематичних оглядів, метааналізів, когерентних екологічних досліджень, аналізу часових рядів (time-series) або випадково-перехресних досліджень (case-cross-over) [16, 30]. Другий критерій — офіційний статус матеріалів — керівництва, аналітичні доповіді та настанови ВООЗ, CDC та ECDC [11, 57], в яких надані чіткі кількісні чи якісні оцінки впливу спеки, температурних аномалій, вологості й опадів на епідемічний процес, ін-

фекційний контроль, біобезпеку чи «холодовий ланцюг».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

1. Кліматичні тригери та класична тріада епідпроцесу. Кліматичні зміни чинять безпосередній вплив на взаємозв'язок між трьома ланками епідемічного процесу, та на кожному з них ізольовано [3, 11].

Першою ланкою є довкілля, зокрема зміна рівня води, її застій та інтенсивне «цвітіння» у водоймах. Спостереження показують, що зі зростанням температури та щільності фітопланктону створюються сприятливі умови для швидкого розмноження холерного вібриона (*Vibrio cholerae*). Це дає змогу прогнозувати можливі спалахи за допомогою супутникового моніторингу довкілля ще за кілька місяців до появи перших клінічних випадків [65]. А півстолітні дані спостережень за Північною Атлантикою виявили пряму залежність між потеплінням моря та зростанням чисельності патогенних видів *Vibrio*, включно з тими, що викликають холеру та важкі ранові інфекції. Спекотні літні періоди суттєво стимулюють розмноження бактерій у прибережній зоні [54].

Наступна ланка, яка найбільш очевидно знає впливу змін клімату на стан та динаміку процесів у природних осередках — охоплює збудників та переносників, а саме прискорення розмноження вірусів і бактерій та швидше дозрівання патогенів у комарах чи кліщах під дією високої температури й зміни режиму опадів. У комарів роду *Culex* — головних векторів вірусу Західного Нілу — висока температура прискорює травлення, що призводить до підвищеної потреби в укусах і скорочує час, необхідний вірусу для досягнення інфекційної стадії в тілі комара [64]. Визначено оптимальні фізіологічні пороги для *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus*: передача вірусів денге, Зіка і Чикунгунья досягає максимуму у вузькому температурному інтервалі (оптимум +26–29°C), де реплікація вірусу в організмі комара відбувається з найвищою швидкістю [32].

Третя ланка — це сприйнятливі організми, адже екстремальне теплове навантаження змінює поведінку й фізіологію населення. Прагнення сховатися в кондиціонованих приміщеннях створює скупченість, за аналогією зі скупченістю в теплих приміщеннях в зимовий період, а також масові скупчення відпочиваючих в рекреаційних зонах, біля водойм, підвищують ризики поширення вторинних кишко-

вих чи повітряно-краплинних інфекцій [60]. До того ж, аналіз даних Global Burden of Disease (GBD) підтверджує, що тривала спека підриває компенсаторні сили організму, спричиняє дегідратацію і знижує імунітет, роблячи людину більш сприйнятливою до патогенів [48].

2. Конкретні механізми кліматичної трансформації епіпроцесу. Зсув абіотичних чинників діє на біологію патогенів та їхні екологічні ніші безпосередньо. У групі арбовірусів підвищення середньодобової температури скорочує тривалість зовнішнього інкубаційного періоду в комарів *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus* [32]. Вірус накопичується у слинних залозах значно швидше, що суттєво збільшує кількість успішних актів передачі денге, Зіка і Чикунгунья [16, 18]. Стосовно флавівірусів, межі циркуляції векторів гарячки Західного Нілу та Японського енцефаліту поступово зміщуються на північ, що дозволяє реєструвати спорадичні випадки захворювання на все більш північних територіях [19, 64]. У природних біотопах усе частіше фіксують співциркуляцію кількох патогенів та випадки коінфекції з іншими флавівірусами, зокрема з вірусом Usutu [22, 47].

Паралельно зміна температурного режиму та вологості змінює межі ареалів малярійних комарів *Anopheles* spp. [1]. Зсув територій де досягається температурний оптимум, на північ, розширює межі виживання москітів *Phlebotomus* spp. (що змінює динаміку лейшманіозів) [20, 21], а нові гідрологічні умови для прісноводних молюсків активізують осередки шистосомозів [17, 61]. Серед природно-осередкових зоонозів м'які зими та аномалії опадів стимулюють спалахи чисельності гризунів — головного резервуара хантавірусів, що змінює картину захворюваності на ГГНС [9, 56].

У сфері водних та харчових інфекцій прогріти морські й лиманні води стають сприятливим середовищем для *Vibrio cholerae* (зокрема не-O1/не-O139 штамів) та інших патогенних вібріонів [8, 54, 65]. Для бактерій (*Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Shigella* spp., штами *E. coli* здатні викликати діарею) існують чіткі температурні пороги, після перетину яких розмноження в харчах і довкіллі прискорюється в рази, викликаючи літні сплески сальмонельозу й дизентерії [2, 13, 36]. Зміна температурних режимів сприяє зміщенню «звичної» сезонності рота- й норовірусів [27], а поєднання високої температури з вологістю є прямим чинником росту ентеровірусних патологій (наприклад, хвороби «рука-нога-рот» у дітей) [31, 38]. Тим

часом у прогрітому внутрішньому водопроводі лікарень (+30–42°C за даними недавніх досліджень) перетворюються на оптимальні умови для *Legionella pneumophila*, що підвищує ризик виникнення випадків захворювання на легіонельоз під час хвиль спеки [34, 39, 46].

3. Госпітальні ризики, інфекційний контроль та медична логістика. Аномально висока температура є критичною загрозою для інфраструктури охорони здоров'я одразу за кількома напрямками, оскільки вона безпосередньо впливає на життя вразливих пацієнтів, безпеку медикаментів та працездатність персоналу [3, 59].

Виникає самовільне порушення процесу дезінфекції: швидке випаровування спиртовмісних та хлорактивних розчинів знижує діючу концентрацію ще до закінчення часу експозиції. Разом із температурною стимуляцією бактеріальних біоплівочок це вимагає перегляду СОПів щодо приготування, тривалості експозиції та частоти використання деззасобів, очікуваної ефективності їх дії [3, 10].

Крім того, прогрівання води у внутрішніх мережах до +30–42°C викликає стрімке розмноження легіонел, особливо у застійних зонах водопроводу та кондиціонерах [46]. Інформативним є аналіз 15-річної динаміки легіонельозу в Італії, який виявив чітку кореляцію між хвилями літньої спеки, підвищенням вологості та ростом госпіталізацій через «хворобу легіонерів», пов'язану із системами охолодження в будинках і лікарнях [39].

По-друге, проявляється тепловий стрес персоналу. Робота в ізолювальних ЗІЗ при +28°C викликає швидку гіпертермію та когнітивно-моторні порушення. Це підвищує ризик порушень біобезпеки під час процедури знімання костюма і зростання загрози самоінфікування [3, 59].

По-третє, відбувається зрив «холодового ланцюга». Під загрозою термодеградації опиняються вакцини, ПЛР/ІФА тест-системи, ферменти та біологічні зразки, які оперативні бригади ЦКПХ транспортують із осередків інфекції. Це вимагає обов'язкового переходу на валідовані термоконтейнери з електронними реєстраторами температури (data loggers) — пристроями, які автоматично вимірюють та записують показники через задані проміжки часу. Після доставки можна перевірити, чи не було порушення допустимого температурного режиму.

4. Міжнародний досвід адаптації систем охорони здоров'я. Світова практика відповіді на кліматичні виклики розвивається за кіль-

кома основними напрямками. Загальноприйнятим є впровадження концепції «Єдине здоров'я» (One Health), що передбачає об'єднання епідеміологічного, екологічного, ветеринарного та ентомологічного моніторингу, з постійним залученням гідрометеорологічних даних для комплексної оцінки ризиків [11, 33, 45, 63, 64].

Наступним компонентом пристосування систем охорони здоров'я, до змін клімату є розбудова систем раннього застереження (EWS) шляхом впровадження технологій супутникового моніторингу (температура поверхні, опади, вегетаційний індекс) та алгоритмів ШІ/Machine Learning для предиктивного моделювання спалахів арбовірусних та водних інфекцій [23, 24, 26, 44, 45, 58, 64].

Невід'ємна потреба це зміцнення кадрового потенціалу (Healthcare Workforce Capacity) через включення кліматичного компонента та біобезпеки в спеку до програм вишів і системи безперервного професійного розвитку (БПР) лікарів та епідеміологів [7, 12, 37, 50, 51, 55].

Позитивні результати приносить розробка планів дій під час спеки (Heat-Health Action Plans) та імплементації адаптивних рекомендацій для населення, де поради із захисту від теплового стресу поєднуються з протиепідемічними обмеженнями щодо безпеки води. Також вони регулюють питання захисту від векторів та ліквідації місць їх виплоду або методик регуляції чисельності [5, 23, 43, 59].

5. Можливі напрямки адаптації національної системи епіднагляду України до змін клімату. На нашу думку, за результатами аналізу міжнародного досвіду та актуальних наукових досліджень за цією тематикою, зміни національної системи протиепідемічної готовності можна коротко визначити за чотирма ключовими напрямками [3, 11, 34, 59].

Перший напрямок полягає у оновленні нормативних документів, тобто внесенні чітких метеорологічних показників (порогова температура, тривалість посухи) до державних порядків та інструкцій з моніторингу інфекцій, розширюючи застосування Наказів МОЗ № 1726 та № 1742. Це дозволить ініціювати профілактичні та протиепідемічні заходи ще до появи перших клінічних випадків [51]. Визначення порогів цих показників має здійснюватися фахівцями, в рамках міжсекторальної взаємодії державних служб, відповідно до концепції «Єдине здоров'я» (One Health).

Другий напрям полягає в зміцненні інституційних та, особливо, лабораторних спромож-

ностей національної системи. Необхідно проводити розширення ПЛР-спроможностей обласних ЦКПХ щодо молекулярної діагностики видового складу й вірусофорності комарів (*Culex*, *Aedes albopictus*), а також повне оснащення оперативних груп ефективними, стандартизованими пастками, автономними термokonтейнерами з дата-логгерами для польових виїздів. Також необхідна адаптація діючих СОПів, за якими діє медичний персонал, до нових температурних умов праці [3]. Лікарняне середовище під час хвиль спеки стає вразливим, що вимагає оперативної корекції регламентів дезінфекції, захисту медичного обладнання від бактеріальних біоплівки та суворого контролю безпеки мереж водопостачання й вентиляції для запобігання спалахам внутрішньолікарняних інфекцій [39]. Не в останню чергу, важливо знаходити шляхи заохочення персоналу навчатися новим напрямкам в роботі. Інертність кадрів може бути однією з причин занадто тривалої, навіть невдалої імплементації нововведень у функціонування системи.

Третім кроком виступає охорона праці медиків, заходи з біобезпеки персоналу в лабораторіях та інфекційних лікарнях з урахуванням температурних чинників. Вона покликана захистити медичний та лабораторний персонал від фізіологічного теплового стресу у разі використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) у високотемпературному середовищі [3, 37, 59] шляхом розробки відомих регламентів для роботи в ЗІЗ під час спеки з обов'язковим нормуванням змін (наприклад типу — не більше 2–3 годин поспіль у «брудній» зоні при зовнішній температурі повітря +28°C), впровадженням питних протоколів та облаштуванням кімнат відпочинку із системою охолодження [3, 59].

Четвертим напрямом, на який звертають найменше уваги, є оновлення СОПів, тобто корекція стандартних операційних процедур дезінфекції, WASH-інфраструктури (Water, Sanitation, and Hygiene networks) та підтримки «холодового ланцюга» при критичних температурних навантажень [3]. Досягнення мети цього напрямку полягає у розбудові медичної логістики, адаптованої до нових температурних реалій теплої пори року. Тут надважливим є безперервний контроль «холодового ланцюга» під час транспортування та тривалого зберігання вакцин, реагентів і біологічних зразків [3, 7, 37, 59].

Міжнародний досвід реагування на зміни епідеміологічної ситуації, пов'язані з кліма-

тичними чинниками, показує що реорганізація системи протиепідемічної готовності має охоплювати нормативно-правові, інституційні та суто операційні аспекти [3, 63, 66]. Лише комплексне вирішення питання дасть змогу досягнути прийнятливих результатів. Інтегрований епідеміологічний нагляд є підходом до організації системи громадського здоров'я, який передбачає поєднання даних епідеміологічного, лабораторного, ентомологічного та гідрометеорологічного моніторингу для своєчасного виявлення та оцінювання інфекційних ризиків. Доцільним є поступовий розвиток систем раннього попередження та реагування, які враховують гідрометеорологічні, ентомологічні та епідеміологічні дані [11, 45].

Своєчасний моніторинг абіотичних чинників дозволяє бачити загрозу ще до того, як патоген потрапить у людську популяцію.

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи результати проведеного аналізу та оцінку сучасних міжнародних підходів до мінімізації клімато-залежних епідеміологічних ризиків, можна сформулювати підсумкові висновки щодо трансформації епідемічного процесу та національної системи біобезпеки в Україні:

1. Висока швидкість та інтенсифікація процесів аридизації Півдня України та поступовий зсув кліматичних зон та ізотерм у північно-західному напрямку є важливими факторами та важелями запуску трансформації епідеміологічних ланцюгів. Вони створюють нові виклики для системи біологічної безпеки всієї держави.

2. Під впливом спеки тривалість зовнішнього інкубаційного періоду інфекційних патогенів суттєво скорочується. Це прискорює накопичення вірусів у тілі переносників та підвищує їхню векторну компетентність. Ситуація ускладнюється закріпленням і перезимівлею *Aedes albopictus* та інших інвазійних видів векторів на території України, а також розширенням ареалу й ендемізацією гарячки Західного Нілу в центральних та північних областях.

3. Процеси екологічної трансформації малих водойм призводять до формування нового екотипу — застійної водойми, з високою концентрацією органічних решток, які стають осередками для вищлюду комарів роду *Culex*, та враховуючи цвітіння водойм, потенційної можливості для масового розмноження *Vibrio* spp.

Це питання поки що малодосліджено. Висока температура повітря стимулює розмноження бактеріальних ентеропатогенів у довкіллі та харчових продуктах, а м'які зими подовжують сезонність активності гризунів і кліщів — резервуарів та переносників бактеріальних та вірусних зоонозних інфекцій.

4. У закладах охорони здоров'я спека стимулює утворення бактеріальних біоплівки, прискорює деградацію дезінфектантів і сприяє росту *Legionella pneumophila* в мережах водопостачання. Тривала робота в ЗІЗ викликає тепловий стрес у медичного персоналу, інтенсивність якого залежить від індивідуальних характеристик сприйнятливості організму до високих температур. Підвищується також ризик критичних помилок під час знімання захисного костюма. І одночасно виникає проблема ускладнення медичної логістики через загрози порушення «холодового ланцюга» для МІБП і діагностичних реагентів, особливо актуальне це питання, звичайно, у теплий сезон року.

5. Для системи епідеміологічного нагляду України практичне значення має не стільки абсолютне підвищення середньої температури, скільки зміна тривалості періодів, протягом яких одночасно виникають сприятливі умови для розвитку переносників, циркуляції збудників та порушення роботи польових і лабораторних підрозділів.

6. Необхідний моніторинг функціонування системи епідеміологічного нагляду шляхом імплементації концепції «Єдине здоров'я». Внесення метеорологічних факторів до державних порядків моніторингу інфекцій (Накази МОЗ № 1726, № 1742), посилення спроможностей ПЛР-діагностики ЦКПХ щодо векторів, забезпечення надійного термоконтролю при транспортуванні зразків та систематичне оновлення СОПів відповідно до нових кліматичних умов (нормування тривалості змін у ЗІЗ під час спеки та запровадження протоколів гідратації й охолодження персоналу).

REFERENCES

1. Agyekum TP, Botwe PK, Arko-Mensah J, Issah I, Acquah AA, Hogarh JN, *et al.* A systematic review of the effects of temperature on Anopheles mosquito development and survival: implications for malaria control in a future warmer climate. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7255. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18147255>
2. Akil L, Ahmad HA, Reddy RS. Effects of climate change on Salmonella infections. *Foodborne Pathog Dis*. 2014;11(12):974–80. doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1802>

3. **Anikeeva O, Hansen A, Varghese B, Borg M, Zhang Y, Xiang J, et al.** The impact of increasing temperatures due to climate change on infectious diseases. *BMJ*. 2024;387:e079343. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-079343>
4. **Baharom M, Ahmad N, Hod R, Arsad FS, Tangang F.** The impact of meteorological factors on communicable disease incidence and its projection: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11117. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111117>
5. **Baker RE, Mahmud AS, Miller IF, Rajeev M, Rasambainarivo F, Rice BL, et al.** Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*. 2022;20(4):193–205. doi: <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>
6. **Bell EJ, Turner P, Meinke H, Holbrook NJ.** Developing rural community health risk assessments for climate change: a Tasmanian pilot study. *Rural Remote Health*. 2015;15(3):3174.
7. **Boekels R, Nikendei C, Roether E, Friederich HC, Bugaj TJ.** Climate change and health in international medical education — a narrative review. *GMS J Med Educ*. 2023;40(3):Doc37. doi: <https://doi.org/10.3205/zma001619>
8. **Brumfield KD, Usmani M, Chen KM, Gangwar M, Jutla AS, Huq A, et al.** Environmental parameters associated with incidence and transmission of pathogenic *Vibrio* spp. *Environ Microbiol*. 2021;23(12):7314–40. doi: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15716>
9. **Cao L, Huo X, Xiang J, Lu L, Liu X, Song X, et al.** Interactions and marginal effects of meteorological factors on haemorrhagic fever with renal syndrome in different climate zones: evidence from 254 cities of China. *Sci Total Environ*. 2020;721:137564. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137564>
10. Centers for Disease Control and Prevention. Climate and infectious diseases [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2024 Mar 21 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.cdc.gov/nceid/topics-programs/climate-infectious-disease.html>
11. Centers for Disease Control and Prevention. About One Health [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2025 Jun 27 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.cdc.gov/one-health/about/index.html>
12. **Chersich MF, Wright CY.** Climate change adaptation in South Africa: a case study on the role of the health sector. *Global Health*. 2019;15(1):22. doi: <https://doi.org/10.1186/s12992-019-0466-x>
13. **Chua PLC, Ng CFS, Tobias A, Seposo XT, Hashizume M.** Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 2022;6(3):e202–18. doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00003-1)
14. **Chushkina I, Hapich H, Matukhno O, Pavlychenko A, Kovalenko V, Sherstiuk Y.** Loss of small rivers across the steppe: climate change or the hand of man? Case study of the Chaplynka river. *Int J Environ Stud*. 2024;81(1):260–74. doi: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314853>
15. Copernicus Climate Change Service, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, World Meteorological Organization. European State of the Climate 2025 [Internet]. 2026 [cited 2026 Aug 25]. doi: <https://doi.org/10.24381/zy93-sb27>
16. **Damteu YT, Tong M, Varghese BM, Anikeeva O, Hansen A, Dear K, et al.** Effects of high temperatures and heatwaves on dengue fever: a systematic review and meta-analysis. *EBioMedicine*. 2023;91:104582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104582>
17. **De Leo GA, Stensgaard AS, Sokolow SH, N'Goran EK, Chamberlin AJ, Yang GJ, et al.** Schistosomiasis and climate change. *BMJ*. 2020;371:m4324. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m4324>
18. **Delrieu M, Martinet JP, O'Connor O, Viennet E, Menkes C, Burtet-Sarramegna V, et al.** Temperature and transmission of chikungunya, dengue, and Zika viruses: a systematic review of experimental studies on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Curr Res Parasitol Vector Borne Dis*. 2023;4:100139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100139>
19. **Farooq Z, Sjödin H, Semenza JC, Tozan Y, Sewe MO, Wallin J, et al.** European projections of West Nile virus transmission under climate change scenarios. *One Health*. 2023;16:100509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>
20. **Galgamuwa LS, Dharmaratne SD, Iddawela D.** Leishmaniasis in Sri Lanka: spatial distribution and seasonal variations from 2009 to 2016. *Parasit Vectors*. 2018;11:60. doi: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2647-5>
21. **Ghatee MA, Sharifi I, Mohammadi N, Moghaddam BE, Kohansal MH.** Geographical and climatic risk factors of cutaneous leishmaniasis in the hyper-endemic focus of Bam County in southeast Iran. *Front Public Health*. 2023;11:1236552. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1236552>
22. **Giesen C, Herrador Z, Fernandez-Martinez B, Figuerola J, Gangoso L, Vazquez A, et al.** A systematic review of environmental factors related to WNV circulation in European and Mediterranean countries. *One Health*. 2023;16:100478. doi: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100478>
23. **Godsmark CN, Irlam J, van der Merwe F, New M, Rother HA.** Priority focus areas for a sub-national response to climate change and health: a South African provincial case study. *Environ Int*. 2019;122:31–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.035>
24. **Hussain-Alkhateeb L, Rivera Ramirez T, Kroeger A, Gozzer E, Runge-Ranzinger S.** Early warning systems (EWSs) for chikungunya, dengue, malaria, yellow fever, and Zika outbreaks: what is the evidence? A scoping review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2021;15(9):e0009686. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009686>
25. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2021 (GBD 2021) [Internet]. Seattle (WA): Institute for Health Metrics and Evaluation; 2024 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>
26. **Javaid M, Sarfraz MS, Aftab MU, Zaman QU, Rauf HT, Alnowibet KA.** WebGIS-based real-time surveillance and response system for vector-borne infectious diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(4):3740. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043740>

27. Kraay ANM, Brouwer AF, Lin N, Collender PA, Remais JV, Eisenberg JNS. Modeling environmentally mediated rotavirus transmission: the role of temperature and hydrologic factors. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;**115**(12):E2782–90.
doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1719579115>
28. Kulbida M. *Seredniorichna temperatura povitria v Ukraini zrostaie shvydshe, nizh zahalnosvitova [Average annual air temperature in Ukraine is rising faster than the global average]* [Internet]. 2020 Jul 31 [cited 2026 Aug 25]. Ukrainian. Available from: <https://unn.ua/news/serednorichna-temperatura-povitrya-v-ukrayini-zrostaye-shvidshe-nizh-zagalnosvitova-kulbida>
29. Lee JS, Carabali M, Lim JK, Herrera VM, Park IY, Villar L, et al. Early warning signal for dengue outbreaks and identification of high risk areas for dengue fever in Colombia using climate and non-climate datasets. *BMC Infect Dis*. 2017;**17**(1):480.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2577-4>
30. Li Y, Dou Q, Lu Y, Xiang H, Yu X, Liu S. Effects of ambient temperature and precipitation on the risk of dengue fever: a systematic review and updated meta-analysis. *Environ Res*. 2020;**191**:110043.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110043>
31. Liu Z, Meng Y, Xiang H, Lu Y, Liu S. Association of short-term exposure to meteorological factors and risk of hand, foot, and mouth disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;**17**(21):8017.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17218017>
32. Mordecai EA, Cohen JM, Evans MV, Gudapati P, Johnson LR, Lippi CA, et al. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. *PLoS Negl Trop Dis*. 2017;**11**(4):e0005568.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568>
33. Morin CW, Semenza JC, Trtanj JM, Glass GE, Boyer C, Ebi KL. Unexplored opportunities: use of climate- and weather-driven early warning systems to reduce the burden of infectious diseases. *Curr Environ Health Rep*. 2018;**5**(4):430–8.
doi: <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0221-0>
34. Pampaka D, Gómez-Barroso D, López-Perea N, Carmona R, Portero RC. Meteorological conditions and Legionnaires' disease sporadic cases — a systematic review. *Environ Res*. 2022;**214**(Pt 4):114080.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114080>
35. Perkins-Kirkpatrick SE, Lewis SC. Increasing trends in regional heatwaves. *Nat Commun*. 2020;**11**:3357.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7>
36. Philipsborn R, Ahmed SM, Brosi BJ, Levy K. Climatic drivers of diarrheagenic *Escherichia coli* incidence: a systematic review and meta-analysis. *J Infect Dis*. 2016;**214**(1):6–15.
doi: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiw081>
37. Purcell R, McGirr J. Preparing rural general practitioners and health services for climate change and extreme weather. *Aust J Rural Health*. 2014;**22**(1):8–14.
doi: <https://doi.org/10.1111/ajr.12075>
38. Qi H, Li Y, Zhang J, Chen Y, Guo Y, Xiao S, et al. Quantifying the risk of hand, foot, and mouth disease (HFMD) attributable to meteorological factors in East China: a time series modelling study. *Sci Total Environ*. 2020;**728**:138548.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138548>
39. Riccò M, Peruzzi S, Ranzieri S, Giuri PG. Epidemiology of Legionnaires' disease in Italy, 2004–2019: a summary of available evidence. *Microorganisms*. 2021;**9**(11):2180.
doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112180>
40. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat Immunol*. 2020;**21**(5):479–83.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
41. Rohr JR, Cohen JM. Understanding how temperature shifts could impact infectious disease. *PLoS Biol*. 2020;**18**(11):e3000938.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000938>
42. Rudik VA, Korzhov YeI, Chebotar SV. Otsinka perezhymivli ta umov lokalnoi reproduksii epidemiologichno nebezpechnoho vydu komariv *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) na pivdni Ukrainy [Assessment of overwintering and local reproduction conditions of the epidemiologically dangerous mosquito species *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in South of Ukraine]. *SWorldJournal*. 2024;**26**(Pt 1):99–109. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-26-00-019>
43. Sambath V, Narayan S, Kumar P, Kumar P, Pradyumna A. Knowledge, attitudes and practices related to climate change and its health aspects among the healthcare workforce in India — a cross-sectional study. *J Clim Change Health*. 2022;**6**:100147.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100147>
44. Sanchez Tejeda G, Benitez Valladares D, Correa Morales F, Toledo Cisneros J, Espinoza Tamarindo BE, Hussain-Alkhateeb L, et al. Early warning and response system for dengue outbreaks: moving from research to operational implementation in Mexico. *PLOS Glob Public Health*. 2023;**3**(9):e0001691.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001691>
45. Semenza JC. Prototype early warning systems for vector-borne diseases in Europe. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;**12**(6):6333–51.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph120606333>
46. Sharaby Y, Rodríguez-Martínez S, Oks O, Pecellin M, Mizrahi H, Peretz A, et al. Temperature-dependent growth modeling of environmental and clinical *Legionella pneumophila* multilocus variable-number tandem-repeat analysis (MLVA) genotypes. *Appl Environ Microbiol*. 2017;**83**(8):e03295-16.
doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.03295-16>
47. Simonin Y. Circulation of West Nile virus and Usutu virus in Europe: overview and challenges. *Viruses*. 2024;**16**(4):599.
doi: <https://doi.org/10.3390/v16040599>
48. Song J, Pan R, Yi W, Wei Q, Qin W, Song S, et al. Ambient high temperature exposure and global disease burden during 1990–2019: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Sci Total Environ*. 2021;**787**:147540.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147540>
49. Tymochko T. *Ponad 20 tysiach malykh richok Ukrainy vtratyly vodotik [More than 20 thousand small rivers in Ukraine have lost their flow]*. Ukrinform. 2023. Ukrainian.
50. Tong MX, Hansen A, Hanson-Easey S, Xiang J, Cameron S, Liu Q, et al. Perceptions of capacity for infectious disease control and prevention to meet

- the challenges of dengue fever in the face of climate change: a survey among CDC staff in Guangdong Province, China. *Environ Res.* 2016;**148**:295–302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.03.043>
51. **Tran BX, Nguyen TH, Phung DT, Nguyen LH, Pham HQ, Vu GT, et al.** Gaps in awareness of climate variability and its impacts on society among health professionals and community workers in Vietnam: implications for COVID-19 and other epidemic response systems. *Int J Disaster Risk Reduct.* 2021;**59**:102212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102212>
 52. **Berezhniak EM, Naumovska OI, Berezhniak MF.** Degradation processes in the soils of Ukraine and their negative consequences for the environment. *Biological Systems: Theory and Innovation.* 2022;**13** (3–4):96–109. doi: [https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.014](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.014)
 53. Ukrainian Hydrometeorological Center, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Analiz temperaturnykh anomalii ta klimatychnykh ryzykiv v Ukraini [Analysis of temperature anomalies and climate risks in Ukraine]. 2021. Ukrainian.
 54. **Vezzulli L, Grande C, Reid PC, Hélaouët P, Edwards M, Höfle MG, et al.** Climate influence on Vibrio and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016;**113**(34):E5062–71. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1609157113>
 55. **Vo MV, Ebi KL, Busch Isaksen TM, Hess JJ, Errett NA.** Addressing capacity constraints of rural local health departments to support climate change adaptation: action is needed now. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;**19**(20):13651. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013651>
 56. **Wang Y, Zhang C, Gao J, Chen Z, Liu Z, Huang J, et al.** Spatiotemporal trends of hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) in China under climate variation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2024;**121**(4):e2312556121. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2312556121>
 57. World Health Organization. World malaria report 2023. Geneva: World Health Organization; 2023. 283 p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086173>
 58. World Health Organization. Early Warning, Alert and Response System (EWARS) [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/surveillance/early-warning-alert-and-response-system-ewars>
 59. World Health Organization. Regional Office for Europe. Heat-health action plans: guidance. 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2026. 272 p. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/386265>
 60. **Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B.** Impact of climate change on human infectious diseases: empirical evidence and human adaptation. *Environ Int.* 2016;**86**:14–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
 61. **Yang GJ, Bergquist R.** Potential impact of climate change on schistosomiasis: a global assessment attempt. *Trop Med Infect Dis.* 2018;**3**(4):117. doi: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed3040117>
 62. Zaxid.net, Ukrainian Hydrometeorological Center. Klimatychni anomalii Ukrainy: ohliad sposterezhen [Climate anomalies in Ukraine: review of observations]. 2026. Ukrainian.
 63. **Zinsstag J, Crump L, Schelling E, Hattendorf J, Maidane YO, Ali KO, et al.** Climate change and One Health. *FEMS Microbiol Lett.* 2018;**365**(11):fny085. doi: <https://doi.org/10.1093/femsle/fny085>
 64. **Morin CW, Comrie AC.** Regional and seasonal response of a West Nile virus vector to climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013;**110**(39):15620–5. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1307135110>
 65. **Jutla AS, Akanda AS, Islam S.** A framework for predicting endemic cholera using satellite derived environmental determinants. *Environ Model Softw.* 2013; **47**:148–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.05.008>
 66. World Health Organization. Integrated surveillance and climate-informed health early warning systems [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2026 Sep 1]. Available from: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/climate-change-and-health/country-support/integrated-surveillance-and-climate-informed-health-early-warning-systems>

ФІНАНСУВАННЯ

Зовнішнє фінансування від міжнародних, комерційних або неурядових організацій для проведення цього дослідження та підготовки рукопису не залучалося.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність фінансових, професійних чи особистих конфліктів інтересів які впливали б на об'єктивність

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки цього рукопису автори використовували засоби генеративного штучного інтелекту (Generative AI) виключно з метою стилістичного редагування, корекції граматики та оптимізації структури викладу тексту українською та англійською мовами. Генеративний ШІ не застосовувався для збору даних, їхньої первинної обробки, проведення епідеміологічного/статистичного аналізу, формулювання наукових гіпотез чи написання підсумкових висновків. Автори несуть повну відповідальність за зміст публікації, точність даних та остаточну редакцію рукопису.

FUNDING

No external funding from international, commercial or non-governmental organizations was involved in conducting this study and preparing the manuscript.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no financial, professional or personal conflicts of interest that would affect objectivity

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

During the preparation of this manuscript, the authors used generative artificial intelligence (Generative AI) tools exclusively for the purpose of stylistic editing, grammar correction and optimization of the structure of the text in Ukrainian and English. Generative AI was not used for data collection, their initial processing, epidemiological/statistical analysis, formulation of scientific hypotheses or writing of final conclusions. The authors bear full responsibility for the content of the publication, the accuracy of the data and the final version of the manuscript.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ГОЛУБЯТНИКОВ Микола: загальне наукове керівництво, критичний перегляд наукового змісту рукопису, підсумкове редагування та остаточне затвердження версії статті для публікації.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-6741>

ТЮПА Володимир: концептуалізація дослідження, розробка методологічної структури, аналітична обробка матеріалу та безпосереднє написання початкового варіанта (чернетки) рукопису, формулювання наукових узагальнень.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6060-2025>

ДЖУРТУБАЄВА Галина: систематичний збір, первинна обробка та систематизація епідеміологічних, лабораторних та епізоотологічних даних, аналіз профільної наукової літератури та міжнародних джерел.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3671-7344>

ГЕРАСИМЕНКО Олена: концептуалізація дослідження, розробка методологічної структури, аналітична обробка матеріалу та безпосереднє написання початкового варіанта (чернетки) рукопису, формулювання наукових узагальнень.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-657X>

МЕЛЬНИК Ольга: систематичний збір, первинна обробка та систематизація епідеміологічних, лабораторних та епізоотологічних даних, аналіз профільної наукової літератури та міжнародних джерел.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3919-5189>

*Отримано: 14.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026*

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

GOLUBYATNYKOV Mykola: supervision, funding acquisition, writing — review & editing, and final approval of the manuscript.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-6741>

TIUPA Volodymyr: conceptualization, methodology development, data synthesis, and writing — original draft preparation.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6060-2025>

DZHURTUBAIEVA Halyna: investigation, epidemiological and laboratory data curation, formal analysis, and literature review.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3671-7344>

GERASYMENKO Olena: conceptualization, methodology development, data synthesis, and writing — original draft preparation.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-657X>

MELNYK OIha: investigation, epidemiological and laboratory data curation, formal analysis, and literature review.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3919-5189>

*Received: 14.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026*



CURRENT CONCEPTS IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF GASTRO-OESOPHAGEAL REFLUX DISEASE

Chernets T.Yu.,
Kucher S.V.,
Ruda M.M.,
Vereshchahina N.Ya.,
Dzhyvak V.H.

I. Horbachevsky
Ternopil National
Medical University
of the Ministry of Health
of Ukraine,
Ternopil, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To summarise the current scientific evidence regarding up-to-date approaches to the diagnosis, phenotyping and treatment of gastro-oesophageal reflux disease, taking into account modern principles of personalised medicine.
- **MATERIALS AND METHODS.** A narrative review was conducted of the current scientific literature and international clinical guidelines on the diagnosis and treatment of GERD. The literature search was conducted in the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection and Google Scholar databases. The analysis included clinical guidelines, consensus documents, systematic reviews, meta-analyses and original studies, using comparative, analytical and summarising approaches.
- **RESULTS.** Current concepts in the diagnosis of GERD were analysed, in particular the role of endoscopic and functional investigative methods (ambulatory pH monitoring, pH-impedance monitoring, manometry) in confirming pathological reflux and determining the mechanisms underlying symptom development. Particular attention is paid to the current phenotyping of the disease, distinguishing between erosive reflux disease, non-erosive reflux disease, reflux hypersensitivity and functional heartburn. Current approaches to the treatment of GERD are described, including lifestyle modification, optimisation of proton pump inhibitor therapy, the use of potassium-competitive acid secretion blockers, alginates and interventional treatment methods. The need for an individualised choice of therapeutic strategy, depending on the disease phenotype, the mechanism underlying symptom onset and the presence of complications, is highlighted.
- **CONCLUSIONS.** The current management of patients with gastro-oesophageal reflux disease is based on a shift from a symptom-oriented model to a personalised, phenotype-oriented approach. Objective verification of pathological reflux and identification of the mechanisms underlying symptom development are key to selecting effective treatment, improving disease control and enhancing patients' quality of life.
- **KEYWORDS:** *gastro-oesophageal reflux disease, GERD, diagnosis, phenotyping, pH-impedance monitoring, proton pump inhibitors.*

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ГАСТРОЕЗОФАГЕАЛЬНОЇ РЕФЛЮКСНОЇ ХВОРОБИ

Чернець Т.Ю.,
Кучер С.В.,
Руда М.М.,
Верещагіна Н.Я.,
Дживак В.Г.

Тернопільський національний
медичний університет
імені І.Я. Горбачевського
Міністерство охорони
здоров'я України,
м. Тернопіль, Україна

- **МЕТА.** Узагальнити сучасні наукові дані щодо актуальних підходів до діагностики, фенотипування та лікування гастроєзофагеальної рефлюксної хвороби з урахуванням сучасних принципів персоналізованої медицини.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено наративний огляд сучасної наукової літератури та міжнародних клінічних рекомендацій, присвячених питанням діагностики й лікування ГЕРХ. Пошук літературних джерел здійснювали в базах даних PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection та Google Scholar. Аналіз включав клінічні настанови, консенсусні документи, систематичні огляди, метааналізи та оригінальні дослідження із застосуванням порівняльного, аналітичного та узагальнювального підходів.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Проаналізовано сучасні концепції діагностики ГЕРХ, зокрема роль ендоскопічних та функціональних методів дослідження (амбулаторного рН-моніторингу, рН-імпедансного моніторингу, манометрії) у підтвердженні патологічного рефлюксу та визначенні механізмів формування симптомів. Особливу увагу приділено сучасному фенотипуванню захворювання з виділенням ерозивної рефлюксної хвороби, неерозивної рефлюксної хвороби, рефлюксної гіперчутливості та функціональної печії. Охарактеризовано сучасні підходи до лікування ГЕРХ, включаючи модифікацію способу життя, оптимізацію терапії інгібіторами протонної помпи, застосування калій-конкурентних блокаторів кислотної секреції, алгінатів та інтервенційних методів лікування. Визначено необхідність індивідуалізованого вибору терапевтичної стратегії залежно від фенотипу захворювання, механізму виникнення симптомів і наявності ускладнень.
- **ВИСНОВКИ.** Сучасне ведення пацієнтів із гастроєзофагеальною рефлюксною хворобою ґрунтується на переході від симптом-орієнтованої моделі до персоналізованого фенотип-орієнтованого підходу. Об'єктивна верифікація патологічного рефлюксу та визначення механізмів формування симптомів є ключовими для вибору ефективної терапії, покращення контролю захворювання та якості життя пацієнтів.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *гастроєзофагеальна рефлюксна хвороба, ГЕРХ, діагностика, фенотипування, рН-імпедансний моніторинг, інгібітори протонної помпи.*

INTRODUCTION

Gastroesophageal reflux disease (GERD) is one of the most common diseases of the upper digestive tract and remains a pressing problem in modern gastroenterology due to its high prevalence, chronic course, variety of clinical manifestations, and significant impact on the quality of life of patients [1]. The disease is characterized by the development of symptoms or complications associated with the pathological reflux of gastric contents into the esophagus. The most typical manifestations of GERD are heartburn and regurgitation, but their presence does not always allow for a reliable diagnosis, since similar symptoms can be observed in other diseases of the esophagus, its motor disorders and functional disorders [2, 3].

In recent years, the concept of GERD diagnosis has undergone significant changes. While previously the clinical decision was mainly based on the assessment of characteristic symptoms and the response to empirical therapy with proton pump inhibitors (PPIs), the modern approach involves a more differentiated assessment using methods of objective verification of pathological reflux. Endoscopic examination and functional diagnostic methods, in particular ambulatory pH-monitoring and pH-impedance study, are of great importance, which allow to assess the quantitative and qualitative characteristics of reflux, acid exposure, frequency of episodes and the relationship between reflux events and the occurrence of symptoms [4–6].

The development of functional diagnostics contributed to the formation of a modern understanding of the heterogeneity of GERD and the identification of individual clinical phenotypes of the disease [7]. It has become possible to more clearly distinguish between erosive reflux disease, non-erosive reflux disease, reflux hypersensitivity and functional heartburn [8]. An important aspect is that the absence of endoscopic signs of damage to the esophageal mucosa does not exclude the presence of pathological gastroesophageal reflux, since a significant proportion of patients have a non-erosive form of the disease.

The change in the diagnostic paradigm has directly affected the principles of GERD treatment. Proton pump inhibitors remain the mainstay of drug therapy in patients with proven acid-dependent manifestations of the disease and erosive esophagitis. At the same time, the persistence of symptoms on the background of adequate PPI therapy does not always indicate insufficient inhibition of acid production or the presence of truly re-

fractory GERD. In some patients, the persistence of symptoms may be associated with non-acid reflux, increased sensitivity of the esophagus, impaired gut-brain communication, or functional disorders, which requires clarification of the mechanisms of their occurrence before changing the therapeutic strategy [9, 10].

The current approach to the management of patients with symptoms of gastroesophageal reflux disease is based on the transition from a universal acid-suppressive model to a personalized strategy that involves determining the phenotype of the disease, objective assessment of the mechanisms of symptom formation and the choice of treatment according to the data obtained. The combination of modern diagnostic methods, optimization of drug therapy, lifestyle modification and, if indicated, interventional methods is a key direction for improving the results of treatment of patients with GERD.

Objective. The objective of this article is to analyze modern ideas about the diagnosis and treatment of gastroesophageal reflux disease.

MATERIALS AND METHODS

A narrative review of the current scientific literature and international clinical guidelines on the diagnosis, phenotyping, and treatment of gastroesophageal reflux disease was conducted. The literature search was conducted in the electronic databases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection, and Google Scholar. The analysis included mainly publications from 2020–2025.

The search strategy involved the use of keywords and their combinations: «gastroesophageal reflux disease», «GERD», «diagnosis», «ambulatory reflux monitoring», «pH monitoring», «pH-impedance monitoring», «Lyon Consensus», «non-erosive reflux disease», «reflux hypersensitivity», «functional heartburn», «proton pump inhibitors», «potassium-competitive acid blockers», «refractory GERD», «personalized treatment», «antireflux surgery».

The review included international consensus documents and clinical guidelines, systematic reviews, meta-analyses, randomized controlled trials, and the most clinically relevant original works. The methodological basis of the analysis was the principles of systematization, comparison, and synthesis of current evidence.

The main attention was paid to modern criteria for objective verification of GERD, the role of endoscopic and functional research methods, in particular outpatient reflux monitoring, differen-

tiation of the main clinical phenotypes of the disease (erosive and non-erosive reflux disease, reflux hypersensitivity, functional heartburn), as well as modern approaches to drug and interventional treatment, including the management of patients with persistent symptoms on therapy.

The work is in the nature of a narrative literature review and is based on the analysis of previously published scientific data and international clinical guidelines, without involving patients, conducting diagnostic or therapeutic interventions, and collecting personal data; approval of the local ethics committee was not required.

RESULTS AND DISCUSSION

Modern diagnostics of gastroesophageal reflux disease is based on a comprehensive assessment of clinical manifestations, structural changes in the esophageal mucosa and the results of functional research methods. In recent years, a significant transformation of the diagnostic paradigm has occurred from a predominantly symptom-oriented approach, which provided for establishing a diagnosis based on typical symptoms and empirical response to proton pump inhibitors (PPIs), to a model of objective verification of pathological reflux with the determination of a specific mechanism of symptom formation. This approach is due to the significant clinical heterogeneity of GERD and the need to differentiate patients with proven pathological reflux from individuals with reflux-associated symptoms without objective signs of the disease. The current concept considers GERD as a spectrum of reflux-associated conditions, including erosive reflux disease, non-erosive reflux disease (NERD), and distinct categories in patients with GERD-like symptoms, reflux hypersensitivity, and functional heartburn. The distinction between these conditions is of fundamental importance, as they are characterized by different pathophysiological mechanisms and require different therapeutic strategies [11, 12].

Clinical evaluation remains the first step in the diagnostic algorithm for suspected GERD. The most typical manifestations of the disease are heartburn and regurgitation, which are traditionally considered the most characteristic symptoms of gastroesophageal reflux. Heartburn is defined as a burning sensation behind the sternum that may worsen after eating, in the supine position, or with increased intra-abdominal pressure, while regurgitation is characterized by the involuntary return of gastric or gastroesophageal contents towards the oropharynx [13, 14]. At the same time,

modern studies demonstrate that the presence of typical symptoms is not an absolute confirmation of the diagnosis, since similar manifestations can be observed in other diseases of the esophagus, its motility disorders, and functional disorders. The diagnosis of patients with extraesophageal manifestations, including chronic cough, hoarseness, a feeling of a lump in the throat, sleep disturbances, or chest discomfort, remains particularly challenging, as a causal relationship between these symptoms and gastroesophageal reflux cannot always be confirmed based on clinical findings alone [15].

An important component of the initial patient evaluation is the identification of alarm symptoms that indicate the need for endoscopic examination to exclude organic pathology [16]. Such signs include dysphagia, odynophagia, gastrointestinal bleeding, iron deficiency anemia, unintentional weight loss, recurrent vomiting, and new onset of symptoms in older patients [17]. The presence of these manifestations may indicate a complicated course of GERD with the development of severe esophagitis, peptic strictures, or Barrett's esophagus, but also requires the exclusion of other pathological conditions of the upper digestive tract, including neoplastic processes. Therefore, alarm symptoms are not so much diagnostic signs of GERD as markers for the need for an in-depth examination [18].

Esophagogastroduodenoscopy remains the main method for assessing structural changes in suspected GERD and is important for detecting complicated forms of the disease [19, 20]. Endoscopic examination allows determining the presence of erosive esophagitis, assessing the degree of mucosal damage according to the Los Angeles classification, detecting peptic strictures, hiatal hernia, and performing a biopsy in case of suspected Barrett's esophagus or alternative diseases, in particular eosinophilic esophagitis [20, 21]. Of particular importance are severe endoscopic manifestations — Los Angeles grade C/D esophagitis, which, according to modern diagnostic criteria, are considered convincing evidence of the presence of GERD. At the same time, a normal endoscopic picture does not exclude the disease, since a significant proportion of patients have a non-erosive form of GERD, in which symptoms occur in the absence of visible mucosal damage.

Modern treatment of gastroesophageal reflux disease is based on the principles of personalized medicine and involves choosing a therapeutic strategy according to the clinical phenotype of

the disease, the presence of objectively confirmed pathological reflux, the severity of symptoms, the risk of complications and the impact of the disease on the patient's quality of life [22]. In contrast to the traditional model, in which the main task of treatment was considered to be the maximum suppression of acid secretion, the modern approach involves the assessment of the entire spectrum of pathophysiological mechanisms, including impaired antireflux barrier function, esophageal motor disorders, increased visceral sensitivity and impaired gut-brain interaction. That is why effective treatment of GERD is now considered not only as acidity control, but as a comprehensive strategy aimed at eliminating the specific mechanism of symptom formation in each patient [23, 24].

Treatment should be guided by the clinical phenotype of GERD. Patients with erosive esophagitis, especially severe esophagitis, are most likely to respond to acid-suppressive therapy, whereas patients with nonerosive disease, reflux hypersensitivity, or functional heartburn may have limited efficacy with acid-suppressive therapy alone. Therefore, before continuing to escalate therapy, it is important to determine whether symptoms are due to persistent pathological reflux, impaired esophageal sensory function, or functional mechanisms [25, 26].

Lifestyle modification remains an important component of comprehensive treatment for GERD, but current guidelines emphasize the need for an individualized approach and avoidance of unnecessary restrictions. The most convincing evidence of effectiveness is obtained for weight loss in patients with overweight or obesity, since an increase in abdominal fat contributes to increased intra-abdominal pressure, impaired lower esophageal sphincter function, and an increase in the frequency of reflux episodes [27, 28]. In patients with nocturnal symptoms, it is advisable to avoid eating immediately before bedtime and to elevate the head of the bed, which may reduce exposure of the esophagus to acidic contents in a horizontal position [29, 30]. At the same time, current evidence does not support a universal elimination diet for all patients with GERD, since food triggers have significant individual variability. The exclusion of individual foods should be based on a proven association between their consumption and the onset of symptoms [31, 32].

Proton pump inhibitors (PPIs) remain the mainstay of drug therapy for GERD due to their high efficacy in reducing acid exposure, healing erosive esophagitis, and controlling typical acid-related

symptoms [33, 34]. The most pronounced therapeutic effect of PPIs is observed in patients with documented erosive esophagitis and pathological acid reflux. At the same time, the current concept involves the rational use of PPIs with regular evaluation of the indications for continued treatment. Long-term maintenance therapy should be prescribed primarily for patients with a high risk of relapse or development of complications, including severe esophagitis, Barrett's esophagus, or recurrent symptoms after discontinuation of therapy [35–37]. In patients without complicated disease, it is important to find the minimum effective dose of the drug that provides symptom control. This approach avoids unjustified prolonged use of acid-suppressive therapy and is in line with the modern concept of step-down and deprescribing strategies.

Insufficient response to PPI therapy is one of the most challenging clinical situations in the management of patients with suspected GERD. It is important to emphasize that the persistence of symptoms on treatment does not always indicate the presence of truly refractory GERD. Before changing therapeutic tactics, it is necessary to assess the patient's compliance with treatment, the correct timing of drug administration, the adequacy of the dose to the clinical situation, and to exclude alternative causes of symptoms. Optimization of PPI therapy includes taking the drug 30–60 minutes before meals, adjusting the dosage regimen, and, if necessary, switching to another representative of the group [38, 39]. Further increased acid suppression without confirmation of the mechanism of symptoms is often of no clinical benefit, especially in patients with normal acid exposure and functional disorders of the esophagus.

A separate direction of development of modern pharmacotherapy of GERD is the use of potassium-competitive acid blockers (P-CAB), in particular vonoprazan [40, 41]. Unlike PPIs, which require activation of the secretory tubules of parietal cells in an acidic environment, P-CABs provide more rapid and stable inhibition of acid secretion by blocking the potassium-dependent stage of H^+/K^+ -ATPase. Clinical studies demonstrate the effectiveness of vonoprazan in the treatment of erosive esophagitis, including severe forms of the disease, as well as its potential advantage in some patients with insufficient response to traditional acid-suppressive therapy [42]. At the same time, the final determination of the place of P-CAB in the long-term management of patients with GERD requires further studies on safety and optimal strategies of use [43].

In patients with persistent symptoms despite optimized PPI therapy, the current algorithm involves re-evaluating the diagnosis using functional imaging. pH-impedance monitoring allows us to determine whether the symptoms are due to pathological reflux, mild or non-acid reflux events, reflux hypersensitivity, or functional mechanisms. This approach is of fundamental importance, since a significant proportion of patients with so-called PPI-refractory GERD do not actually have active pathological reflux, and further increase in acid suppression in such cases is of little benefit [44, 45]. Alginates are an important adjunctive therapy for symptomatic GERD, especially in patients with postprandial symptoms and regurgitation. Their mechanism of action is to form a physical barrier («raft») on the surface of gastric contents, which reduces gastroesophageal reflux and limits acid contact with the esophageal mucosa [46, 47].

Interventional treatments are considered in patients with documented GERD who are not adequately controlled by medical therapy, and in cases where there are anatomical factors that support pathological reflux [48]. The main indications for considering surgical treatment are large hiatal hernias, severe erosive esophagitis, regurgitation that is not adequately controlled by medical therapy, and the patient's desire to avoid long-term use of acid-suppressive drugs if the mechanism of the disease is confirmed. Importantly, the success of antireflux interventions depends largely on proper patient selection, as surgery should not be considered in cases where symptoms are not related to pathological reflux. Laparoscopic antireflux surgery (most commonly Nissen fundoplication or modified versions) remains the most widely studied surgical treatment for GERD [49, 50]. Its primary goal is to restore the antireflux barrier by correcting the hiatal hernia and enhancing lower esophageal sphincter function. In carefully selected patients, surgery can provide long-term control of typical symptoms, reduce the frequency of regurgitation, and reduce the need for drug therapy. However, potential limitations include the risk of postoperative dysphagia, gas-bloat syndrome, and the need for careful preoperative functional assessment, including manometry and reflux monitoring [51, 52].

Current minimally invasive alternatives include magnetic sphincter augmentation (MSA) and endoscopic treatments, such as transoral incisionless fundoplication (TIF) [53–56]. MSA involves the use of a magnetic device to enhance closure of the lower esophageal sphincter while maintaining the

physiological passage of food and regurgitation. TIF aims to endoscopically create a valve mechanism at the gastroesophageal junction. These methods have shown promising results in selected patients, but their use requires confirmation of long-term efficacy and clear selection criteria.

A special place in modern therapy of GERD is occupied by the assessment of the patient's quality of life and the impact of symptoms on daily activities [57, 58]. Although objective parameters of reflux are of key importance for establishing the diagnosis, the clinical effectiveness of treatment is determined not only by the normalization of acid exposure, but also by achieving symptom control and improving the functional status of the patient. That is why the modern model of patient management involves regular reassessment of therapeutic response and adaptation of treatment depending on changes in the clinical situation. Thus, modern therapy of gastroesophageal reflux disease is moving from a universal acid-suppressive strategy to an individualized model that takes into account the phenotype of the disease, the mechanism of symptom formation, the presence of complications and the characteristics of a particular patient. Effective management of GERD today is based on a combination of lifestyle modification, optimized pharmacotherapy, the use of new classes of acid-suppressive drugs, functional diagnostics in difficult cases and interventional methods in patients with confirmed pathological reflux [59]. Such a personalized approach allows to increase the effectiveness of treatment, avoid unjustified escalation of therapy and ensure long-term control of symptoms with an improvement in the quality of life of patients.

CONCLUSIONS

Modern approaches to the management of patients with gastroesophageal reflux disease are based on the transition from a symptom-oriented model to a personalized phenotype-oriented strategy, which involves objective verification of pathological reflux and identification of the mechanisms of symptom formation. The combination of endoscopic methods, ambulatory pH monitoring, pH impedance study and manometry allows for a more accurate differentiation of erosive and non-erosive GERD, reflux hypersensitivity and functional heartburn, which is of fundamental importance for the choice of therapeutic tactics. Treatment of GERD should be individualized and include lifestyle modification, rational use of proton pump inhibitors, the use of new acid-suppressive drugs, in particular potassium-competitive acid-secretion blockers,

as well as interventional methods in patients with confirmed pathological reflux. In cases of persistent symptoms, a re-evaluation of the diagnosis is necessary, taking into account the possibility of reflux hypersensitivity or functional disorders, since further escalation of acid suppression is not always effective. Thus, the current strategy for treating GERD is aimed not only at controlling acid exposure, but also at eliminating specific pathophysiological mechanisms of the disease and improving the quality of life of patients.

REFERENCES

1. Katz PO, Dunbar KB, Schnoll-Sussman FH, Greer KB, Yadlapati R, Spechler SJ. ACG clinical guideline for the diagnosis and management of gastroesophageal reflux disease. *Am J Gastroenterol*. 2022;117(1):27–56. doi: <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000001538>
2. Gyawali CP, Yadlapati R, Fass R, Katzka D, Pandolfino J, Savarino E, et al. Updates to the modern diagnosis of GERD: Lyon consensus 2.0. *Gut*. 2024; 73(2):361–71. doi: <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2023-330616>
3. Vayal-Veettil A, Gyawali CP. Diagnosis and management of gastroesophageal reflux disease: current insights. *Clin Exp Gastroenterol*. 2025;18:149–62. doi: <https://doi.org/10.2147/CEG.S507237>
4. Ghoneim S, Wang J, El Hage Chehade N, Ganocy SJ, Chitsaz E, Fass R. Diagnostic accuracy of the proton pump inhibitor test in gastroesophageal reflux disease and noncardiac chest pain: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Gastroenterol*. 2023;57(4):380–8. doi: <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001686>
5. Simadibrata DM, Lesmana E, Fass R. A systematic review and meta-analysis of the efficacy of vonoprazan for proton pump inhibitor-resistant gastroesophageal reflux disease. *J Gastroenterol Hepatol*. 2024;39(5):796–805. doi: <https://doi.org/10.1111/jgh.16475>
6. Raijman I. Endoscopic treatment of gastroesophageal reflux disease. *Cir Cir*. 2024;92(2):276–82. doi: <https://doi.org/10.24875/CIRU.24000101>
7. Katzka DA, Kahrilas PJ. Advances in the diagnosis and management of gastroesophageal reflux disease. *BMJ*. 2020;371:m3786. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m3786>
8. Patel D, Fass R, Vaezi M. Untangling nonerosive reflux disease from functional heartburn. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2021;19(7):1314–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2020.03.057>
9. Fox M. Update motility disorders: gastro-oesophageal reflux disease — diagnostic and conservative approach. *Visc Med*. 2024;40(6):299–309. doi: <https://doi.org/10.1159/000541358>
10. Kahrilas PJ, Keefer L, Yadlapati R, Anastasiou F, Heidebaugh JJ, Howden CW, et al. Review article: individualised management of reflux-like symptoms — strategies beyond acid suppression. *Aliment Pharmacol Ther*. 2025;61(9):1437–46. doi: <https://doi.org/10.1111/apt.70115>
11. Zerbib F, Bredenoord AJ, Fass R, Kahrilas PJ, Roman S, Savarino E, et al. ESNM/ANMS consensus paper: diagnosis and management of refractory gastro-oesophageal reflux disease. *Neurogastroenterol Motil*. 2021;33(4):e14075. doi: <https://doi.org/10.1111/nmo.14075>
12. Saracco M, Savarino V, Bodini G, Saracco GM, Pellicano R. Gastroesophageal reflux disease: key messages for clinicians. *Minerva Gastroenterol* (Torino). 2021;67(4):390–403. doi: <https://doi.org/10.23736/S2724-5985.20.02783-X>
13. Fass R, Boeckxstaens GE, El-Serag H, Rosen R, Sifrim D, Vaezi MF. Gastro-oesophageal reflux disease. *Nat Rev Dis Primers*. 2021;7(1):55. doi: <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00287-w>
14. Ang D, Lee YY, Clarke JO, Lynch K, Guillaume A, Onyimba F, et al. Diagnosis of gastroesophageal reflux: an update on current and emerging modalities. *Ann N Y Acad Sci*. 2020;1481(1):154–69. doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.14369>
15. Barrett CM, Patel D, Vaezi MF. Laryngopharyngeal reflux and atypical gastroesophageal reflux disease. *Gastrointest Endosc Clin N Am*. 2020;30(2):361–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.giec.2019.12.004>
16. Kumari P, Machhan P, Sharma B, Sharma R, Bodh V, Kumar R. Dyspepsia with alarm symptoms in patients aged less than 60 years: is upper gastrointestinal endoscopy justified in Indian scenario? *Indian J Gastroenterol*. 2022;41(5):430–9. doi: <https://doi.org/10.1007/s12664-022-01275-y>
17. Odeghe EA, Adeniyi OF, Oyeleke GK, Keshinro SO. Use of alarm features in predicting significant endoscopic findings in Nigerian patients with dyspepsia. *Pan Afr Med J*. 2019;34:66. doi: <https://doi.org/10.11604/pamj.2019.34.66.18848>
18. ASGE Standards of Practice Committee, Desai M, Ruan W, Thosani NC, Amaris M, Scott JS, et al. American Society for Gastrointestinal Endoscopy guideline on the diagnosis and management of GERD: methodology and review of evidence. *VideoGIE*. 2025; 10(2):81–137. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vgie.2024.10.001>
19. Kwak YE, Saleh A, Abdelwahed A, Sanchez M, Ma-soud A. Effectiveness of esophagogastroduodenoscopy in changing treatment outcome in refractory gastro-oesophageal reflux disease. *Scand J Gastroenterol*. 2022;57(1):124–30. doi: <https://doi.org/10.1080/00365521.2021.1988141>
20. Simadibrata DM, Lesmana E, Fass R. Role of endoscopy in gastroesophageal reflux disease. *Clin Endosc*. 2023;56(6):681–92. doi: <https://doi.org/10.5946/ce.2023.182>
21. Noh JH, Jung HY. Role of endoscopy in motility disorders of upper gastrointestinal tract. *J Neurogastroenterol Motil*. 2023;29(1):7–19. doi: <https://doi.org/10.5056/jnm22170>
22. Bucan JI, Braut T, Krsek A, Sotosek V, Baticic L. Updates in gastroesophageal reflux disease management: from proton pump inhibitors to dietary and lifestyle modifications. *Gastrointest Disord*. 2025;7(2):33. doi: <https://doi.org/10.3390/gidisord7020033>
23. Yadlapati R, Pandolfino JE. Personalized approach in the work-up and management of gastroesophageal reflux disease. *Gastrointest Endosc Clin N Am*. 2020;30(2):227–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.giec.2019.12.002>
24. Tanvir F, Nijjar GS, Aulakh SK, Kaur Y, Singh S, Singh K, et al. Gastroesophageal reflux disease: new insights and treatment approaches. *Cureus*. 2024;16(8):e67654. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.67654>
25. Fass R, Zerbib F, Gyawali CP. AGA clinical practice update on functional heartburn: expert review. *Gastroenterology*. 2020;158(8):2286–93. doi: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.01.034>
26. Marabotto E, Pasta A, Calabrese F, Ribolsi M, Mari A, Savarino V, et al. The clinical spectrum of gastro-

- esophageal reflux disease: facts and fictions. *Visc Med.* 2024;**40**(5):242–9.
doi: <https://doi.org/10.1159/000536583>
27. **Zhan J, Yuan M, Zhao Y, Zhang X, Qiao T, Ji T, et al.** Abdominal obesity increases the risk of reflux esophagitis: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Gastroenterol.* 2022;**57**(2):131–42.
doi: <https://doi.org/10.1080/00365521.2021.1994643>
 28. **Kucher SV, Mudra UO, Tkachuk VV, Ruda MM, Chernets TY, Nikitina IM, et al.** Impact of lifestyle modification interventions on metabolic syndrome and obesity in adults. *Wiad Lek.* 2025;**78**(9):1857–65.
doi: <https://doi.org/10.36740/WLek/212515>
 29. **Schuitenmaker JM, Kuipers T, Smout AJPM, Fockens P, Bredenoord AJ.** Systematic review: clinical effectiveness of interventions for the treatment of nocturnal gastroesophageal reflux. *Neurogastroenterol Motil.* 2022;**34**(12):e14385.
doi: <https://doi.org/10.1111/nmo.14385>
 30. **Albarqouni L, Moynihan R, Clark J, Scott AM, Duggan A, Del Mar C.** Head of bed elevation to relieve gastroesophageal reflux symptoms: a systematic review. *BMC Fam Pract.* 2021;**22**(1):24.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12875-021-01369-0>
 31. **Martin Z, Spry G, Hoult J, Maimone IR, Tang X, Crichton M, et al.** What is the efficacy of dietary, nutritional, and probiotic interventions for the management of gastroesophageal reflux disease symptoms? A systematic literature review and meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN.* 2022;**52**:340–52.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.09.015>
 32. **Lakananurak N, Pitisuttithum P, Susantitaphong P, Patcharatrakul T, Gonlachanvit S.** The efficacy of dietary interventions in patients with gastroesophageal reflux disease: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Nutrients.* 2024;**16**(3):464.
doi: <https://doi.org/10.3390/nu16030464>
 33. **Hossa K, Malecka-Wojcieszko E.** Advances in gastroesophageal reflux disease management: exploring the role of potassium-competitive acid blockers and novel therapies. *Pharmaceuticals (Basel).* 2025;**18**(5):699.
doi: <https://doi.org/10.3390/ph18050699>
 34. **Yang S, Deng W, Xie Z, Chen J.** Efficacy and safety of proton pump inhibitors versus vonoprazan in treatment of erosive esophagitis: a PRISMA-compliant systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2022;**101**(47):e31807.
doi: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031807>
 35. **Targownik LE, Fisher DA, Saini SD.** AGA clinical practice update on de-prescribing of proton pump inhibitors: expert review. *Gastroenterology.* 2022;**162**(4):1334–42.
doi: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2021.12.247>
 36. **Kang SJ, Jung HK, Tae CH, Kim SY, Lee KJ.** On-demand versus continuous maintenance treatment of gastroesophageal reflux disease with proton pump inhibitors: a systematic review and meta-analysis. *J Neurogastroenterol Motil.* 2022;**28**(1):5–14.
doi: <https://doi.org/10.5056/jnm21095>
 37. **Shaheen NJ, Falk GW, Iyer PG, Souza RF, Yadlapati RH, Sauer BG, et al.** Diagnosis and management of Barrett's esophagus: an updated ACG guideline. *Am J Gastroenterol.* 2022;**117**(4):559–87.
doi: <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000001680>
 38. **Naik RD, Meyers MH, Vaezi MF.** Treatment of refractory gastroesophageal reflux disease. *Gastroenterol Hepatol (N Y).* 2020;**16**(4):196–205.
 39. **Gyawali CP, Tutuian R, Zeribib F, Rogers BD, Frazzoni M, Roman S, et al.** Value of pH impedance monitoring while on twice-daily proton pump inhibitor therapy to identify need for escalation of reflux management. *Gastroenterology.* 2021;**161**(5):1412–22.
doi: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2021.07.004>
 40. **St Onge E, Phillips B.** Vonoprazan: a new potassium-competitive acid blocker. *J Pharm Technol.* 2023;**39**(3):139–46.
doi: <https://doi.org/10.1177/87551225231166531>
 41. **Cheng Y, Liu J, Tan X, Dai Y, Xie C, Li X, et al.** Direct comparison of the efficacy and safety of vonoprazan versus proton-pump inhibitors for gastroesophageal reflux disease: a systematic review and meta-analysis. *Dig Dis Sci.* 2021;**66**(1):19–28.
doi: <https://doi.org/10.1007/s10620-020-06141-5>
 42. **Laine L, DeVault K, Katz P, Mitev S, Lowe J, Hunt B, et al.** Vonoprazan versus lansoprazole for healing and maintenance of healing of erosive esophagitis: a randomized trial. *Gastroenterology.* 2023;**164**(1):61–71.
doi: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2022.09.041>
 43. **Uemura N, Kinoshita Y, Haruma K, Kushima R, Yao T, Akiyama J, et al.** Vonoprazan as a long-term maintenance treatment for erosive esophagitis: VISION, a 5-year, randomized, open-label study. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2025;**23**(5):748–57.e5.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2024.08.004>
 44. **Yadlapati R, Gawron AJ, Gyawali CP, Chen J, Clarke J, Fass R, et al.** Clinical role of ambulatory reflux monitoring in PPI non-responders: recommendation statements. *Aliment Pharmacol Ther.* 2022;**56**(8):1274–83.
doi: <https://doi.org/10.1111/apt.17180>
 45. **Krause A, Yadlapati R.** Reflux testing: wireless pH, impedance-pH, and mucosal impedance. *Gastrointest Endosc Clin N Am.* 2025;**35**(3):587–601.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.giec.2024.12.007>
 46. **Deraman MA, Abdul Hafidz MI, Lawenko RM, Ma ZF, Wong MS, Coyle C, et al.** Randomised clinical trial: the effectiveness of Gaviscon Advance vs non-alginate antacid in suppression of acid pocket and post-prandial reflux in obese individuals after late-night supper. *Aliment Pharmacol Ther.* 2020;**51**(11):1014–21.
doi: <https://doi.org/10.1111/apt.15746>
 47. **Tangvoraphonkchai K, Manasirisuk W, Apichatvullop T, Srihachonjit S, Mitpracha M, Promsen P, et al.** Comparable efficacy of generic and original alginate for symptom control in PPI-refractory GERD. *Sci Rep.* 2025;**15**(1):28429.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13400-w>
 48. **Slater BJ, Collings A, Dirks R, Gould JC, Qureshi AP, Juza R, et al.** Multi-society consensus conference and guideline on the treatment of gastroesophageal reflux disease (GERD). *Surg Endosc.* 2023;**37**(2):781–806.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00464-022-09817-3>
 49. **Slater BJ, Dirks RC, McKinley SK, Ansari MT, Kohn GP, Thosani N, et al.** SAGES guidelines for the surgical treatment of gastroesophageal reflux (GERD). *Surg Endosc.* 2021;**35**(9):4903–17.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08625-5>
 50. **Yodice M, Mignucci A, Shah V, Ashley C, Tadros M.** Preoperative physiological esophageal assessment for anti-reflux surgery: a guide for surgeons on high-resolution manometry and pH testing. *World J Gastroenterol.* 2021;**27**(16):1751–69.
doi: <https://doi.org/10.3748/wjg.v27.i16.1751>
 51. **McKinley SK, Dirks RC, Walsh D, Hollands C, Arthur LE, Rodriguez N, et al.** Surgical treatment of GERD: systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc.* 2021;**35**(8):4095–123.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08358-5>
 52. **Kasugai K, Ogasawara N.** Gastroesophageal reflux disease: pathophysiology and new treatment trends. *Intern Med.* 2024;**63**(1):1–10.

- doi: <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.1551-23>
53. Chandan S, Mohan BP, Khan SR, Jha LK, Dhaliwal AJ, Bilal M, *et al.* Clinical efficacy and safety of magnetic sphincter augmentation (MSA) and transoral incisionless fundoplication (TIF2) in refractory gastroesophageal reflux disease (GERD): a systematic review and meta-analysis. *Endosc Int Open.* 2021;9(4):E583–98.
doi: <https://doi.org/10.1055/a-1352-2944>
 54. Ferrari D, Asti E, Lazzari V, Siboni S, Bernardi D, Bonavina L. Six to 12-year outcomes of magnetic sphincter augmentation for gastroesophageal reflux disease. *Sci Rep.* 2020;10(1):13753.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70742-3>
 55. Fadel MG, Tarazi M, Dave M, Reddy M, Khan O, Fakh-Gomez N, *et al.* Magnetic sphincter augmentation in the management of gastro-esophageal reflux disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2024;110(10):6355–66.
doi: <https://doi.org/10.1097/JIS.0000000000001558>
 56. Testoni S, Hassan C, Mazzoleni G, Antonelli G, Fanti L, Passaretti S, *et al.* Long-term outcomes of transoral incisionless fundoplication for gastro-esophageal reflux disease: systematic review and meta-analysis. *Endosc Int Open.* 2021;9(2):E239–46.
doi: <https://doi.org/10.1055/a-1322-2209>
 57. Fuchs KH, Musial F, Eypasch E, Meining A. Gastrointestinal quality of life in gastroesophageal reflux disease: a systematic review. *Digestion.* 2022;103(4):253–60.
doi: <https://doi.org/10.1159/000524766>
 58. Velanovich V. 25 years of the GERD-HRQL symptom severity instrument: an assessment of published applications. *Surg Endosc.* 2023;37(1):255–65.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00464-022-09463-9>
 59. Sharma P, Yadlapati R. Pathophysiology and treatment options for gastroesophageal reflux disease: looking beyond acid. *Ann N Y Acad Sci.* 2021;1486(1):3–14.
doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.14501>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без залучення зовнішнього фінансування.

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. Уся відповідальність за зміст статті, достовірність даних і висновків покладається на авторів.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ЧЕРНЕЦЬ Тетяна: концепція дослідження, методологія, аналіз даних, пошук та опрацювання літературних джерел, написання рукопису, редагування статті, наукове керівництво.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7575-8391>

КУЧЕР Світлана: концепція дослідження, збір і систематизація даних, аналіз літературних джерел, написання рукопису, редагування статті.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-9567>

РУДА Марія: пошук та аналіз літературних джерел, систематизація матеріалів, перевірка даних, редагування статті.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5407-3315>

ВЕРЕЩАГІНА Наталя: збір та систематизація літературних даних, аналіз матеріалів, підготовка візуальних матеріалів, редагування статті.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5569-1334>

ДЖИВАК Володимир: методологія дослідження, аналіз і верифікація даних, оцінка наукової достовірності матеріалів, редагування статті.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-7586>
e-mail: djyvak@tdmu.edu.ua

FUNDING

This research received no external funding.

CONFLICTS OF INTEREST

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

USE 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. The authors bear full responsibility for the content of the article, the accuracy of the data, and the validity of the conclusions.

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

CHERNETS Tetyana: research concept, methodology, data analysis, literature search and review, manuscript drafting, article editing, academic supervision.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7575-8391>

KUCHER Svitlana: research concept, data collection and organisation, analysis of literature sources, manuscript drafting, article editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-9567>

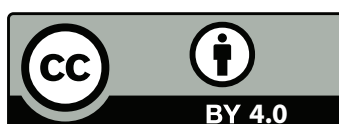
RUDA Maria: searching for and analysing literature, organising materials, verifying data, editing the article.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5407-3315>

VERESHCHAHINA Natalia: collecting and organising literature, analysing materials, preparing visual materials, editing the article.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5569-1334>

DZHYVAK Volodymyr: research methodology, data analysis and verification, assessment of the scientific validity of the materials, editing of the article.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-7586>
e-mail: djyvak@tdmu.edu.ua

Отримано: 14.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

Received: 14.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ВРОДЖЕНОЇ ДІАФРАГМАЛЬНОЇ ГРИЖІ У ДІТЕЙ: ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Коноплицький В.С.,
Коробко Ю.Є.,
Сасюк А.І.,
Лукіянець О.О.,
Михальчук Т.І.,
Димчина Ю.А.

Вінницький національний
медичний університет
ім. М.І. Пирогова,
м. Вінниця, Україна

- Вроджена діафрагмальна грижа (ВДГ) у дітей є тяжкою вродженою патологією, перебіг якої визначається не лише наявністю дефекту діафрагми, а й ступенем легеневої гіпоплазії, персистоючої легеневої гіпертензії та супутніх вроджених аномалій. Незважаючи на розвиток пренатальної діагностики, неонатальної інтенсивної терапії та сучасних хірургічних технологій, лікування новонароджених із тяжкими формами ВДГ залишається складним, а оптимальні підходи до прогнозування та вибору лікувальної тактики продовжують удосконалюватися.
- **МЕТА.** Систематизувати та критично проаналізувати сучасні дані щодо етіології, патогенезу, діагностики, лікування та прогнозу вродженої діафрагмальної грижі у дітей на основі принципів доказової медицини.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено систематичний пошук, контент-аналіз, дескриптивний та порівняльний аналіз сучасної наукової літератури, систематичних оглядів, метааналізів, багатоцентрих клінічних досліджень, міжнародних рекомендацій та консенсусних документів щодо ВДГ. Пошук виконували в базах даних PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science та Google Scholar. До аналізу включали публікації, присвячені патогенезу, пренатальній і постнатальній діагностиці, інтенсивній терапії, хірургічному лікуванню та прогнозуванню перебігу ВДГ; на первинному етапі проаналізовано понад 90 джерел.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що основними прогностичними чинниками при ВДГ є ступінь легеневої гіпоплазії, тяжкість легеневої гіпертензії, розмір дефекту діафрагми, внутрішньогрудне розташування печінки та наявність супутніх вроджених аномалій. Сучасна пренатальна діагностика ґрунтується на ультразвуковому дослідженні з оцінкою LHR та O/E LHR, доповненому МРТ плода для визначення об'єму легень і анатомічних особливостей. Основним принципом постнатального ведення є «stabilization before operation»: рання інтубація, щадна вентиляція, декомпресія шлунка, корекція легеневої гіпертензії та, за показаннями, застосування високочастотної вентиляції, інгаляційного оксиду азоту й ЕСМО. Оперативну корекцію виконують після досягнення кардіореспіраторної стабільності. У стабільних пацієнтів можливе застосування торакоскопічних і лапароскопічних методик, тоді як вибір способу пластики визначається розміром дефекту та наявністю власних тканин. Перспективними напрямками залишаються FETO, удосконалення малоінвазивних технологій, біосумісних матеріалів і персоналізованих підходів до лікування.
- **ВИСНОВКИ.** Сучасне лікування вродженої діафрагмальної грижі у дітей повинно базуватися на комплексному мультидисциплінарному підході з ранньою пренатальною діагностикою, оцінкою прогнозу та стабілізацією новонародженого до виконання хірургічної корекції. Поєднання сучасних методів інтенсивної терапії, малоінвазивної хірургії, ЕСМО та селективного застосування FETO розширює можливості лікування тяжких форм ВДГ. Подальші дослідження необхідні для удосконалення прогностичних моделей, стандартизації показань до фетальних і екстракорпоральних технологій та покращення віддалених результатів лікування.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** вроджена діафрагмальна грижа, діти, дихальна недостатність, огляд літератури, легенева гіпоплазія, легенева гіпертензія, пренатальна діагностика, хірургічне лікування.

MODERN APPROACHES TO THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF CONGENITAL DIAPHRAGMATIC HERNIA IN CHILDREN: A LITERATURE REVIEW

Konopliyskyi V.S.,
Korobko Yu.Ye.,
Sasiuk A.I.,
Lukianets O.O.,
Mykhalchuk T.I.,
Dymchyna Yu.A.

National Pirogov Memorial
Medical University,
Vinnytsia, Ukraine

- Congenital diaphragmatic hernia (CDH) in children is a severe congenital disorder whose clinical course is determined not only by the presence of a diaphragmatic defect but also by the degree of pulmonary hypoplasia, persistent pulmonary hypertension, and associated congenital anomalies. Despite advances in prenatal diagnosis, neonatal intensive care, and modern surgical technologies, the management of neonates with severe forms of CDH remains challenging, and optimal approaches to prognostic assessment and treatment selection continue to evolve.
- **OBJECTIVE.** To systematize and critically analyze current evidence regarding the etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment, and prognosis of congenital diaphragmatic hernia in children based on the principles of evidence-based medicine.
- **MATERIALS AND METHODS.** A systematic search, content analysis, descriptive analysis, and comparative analysis of current scientific literature, systematic reviews, meta-analyses, multicenter clinical studies,

international guidelines, and consensus documents on CDH were performed. The search was conducted in the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. Publications addressing the pathogenesis, prenatal and postnatal diagnosis, intensive care, surgical treatment, and prognostic assessment of CDH were included in the analysis; more than 90 sources were reviewed at the initial stage.

■ **RESULTS.** The main prognostic factors in CDH were found to include the degree of pulmonary hypoplasia, severity of pulmonary hypertension, size of the diaphragmatic defect, intrathoracic liver position, and presence of associated congenital anomalies. Current prenatal diagnosis is based on ultrasonography with assessment of the lung-to-head ratio (LHR) and observed-to-expected LHR (O/E LHR), supplemented by fetal magnetic resonance imaging (MRI) to determine lung volume and anatomical characteristics. The fundamental principle of postnatal management is «stabilization before operation,» including early intubation, gentle ventilation, gastric decompression, management of pulmonary hypertension, and, when indicated, high-frequency ventilation, inhaled nitric oxide, and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). Surgical repair is performed after cardiorespiratory stabilization has been achieved. Thoracoscopic and laparoscopic techniques may be used in stable patients, whereas the choice of repair technique is determined by the size of the defect and the availability of native diaphragmatic tissue. Promising areas of development include fetoscopic endoluminal tracheal occlusion (FETO), advances in minimally invasive technologies, biocompatible materials, and personalized treatment approaches.

■ **CONCLUSIONS.** Current management of congenital diaphragmatic hernia in children should be based on a comprehensive multidisciplinary approach involving early prenatal diagnosis, prognostic assessment, and stabilization of the neonate prior to surgical repair. The combination of modern intensive care strategies, minimally invasive surgery, ECMO, and selective use of FETO expands the therapeutic options for severe forms of CDH. Further research is needed to refine prognostic models, standardize indications for fetal and extracorporeal therapies, and improve long-term treatment outcomes.

■ **KEYWORDS:** *congenital diaphragmatic hernia, children, respiratory failure, literature review, pulmonary hypoplasia, persistent pulmonary hypertension, prenatal diagnosis, surgical treatment.*

ВСТУП

Діафрагмальні грижі у дітей є однією з найскладніших патологій у неонатальній та дитячій хірургії. Їх клінічне значення визначається не лише анатомічним дефектом діафрагми, а й розвитком легеневої гіпоплазії, персистуючої легеневої гіпертензії та інших тяжких функціональних порушень, що формуються внутрішньоутробно внаслідок переміщення органів черевної порожнини до грудної клітки [1–4].

Незважаючи на значний прогрес у пренатальній діагностиці, неонатальній інтенсивній терапії та дитячій хірургії, лікування дітей із вродженою діафрагмальною грижею залишається складним. Покращення методів візуалізації, алгоритмів стабілізації новонароджених, а також впровадження височастотної вентиляції легень, інгаляційного оксиду азоту, ЕСМО та фетальних втручань підвищили ефективність лікування. Водночас прогноз і надалі залежить від ступеня легеневої гіпоплазії, тяжкості легеневої гіпертензії, розміру дефекту діафрагми, супутніх вад розвитку та можливостей спеціалізованого центру. Частота вродженої діафрагмальної грижі становить близько 2–3 випадків на 10 000 живонароджених. Найчастіше зустрічаються лівобічні грижі Бохдалека, тоді як грижі Морганьї, центральні та двобічні дефекти є значно рідшими. Майже у половини пацієнтів патологія поєднується з іншими вродженими вадами або генетичними синдромами, що суттєво погіршує прогноз [3–11].

Сучасні клінічні рекомендації передбачають виконання оперативного втручання після до-

сягнення максимально можливої кардіореспіраторної стабілізації новонародженого, а не в ургентному порядку після народження. Такий підхід дозволяє знизити периопераційний ризик, однак потребує чіткої оцінки готовності пацієнта до хірургічного лікування [7, 9, 12].

Мета — систематизувати та критично проаналізувати сучасні дані щодо етіології, патогенезу, діагностики, лікування та прогнозу вродженої діафрагмальної грижі у дітей на основі принципів доказової медицини.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Матеріалом дослідження стали сучасні наукові публікації, систематичні огляди, метааналізи, результати багатоцентрових досліджень, міжнародні клінічні рекомендації та консенсусні документи щодо вродженої діафрагмальної грижі (ВДГ) у дітей.

Проведено систематичний пошук, контент-аналіз, дескриптивний та порівняльний аналіз літературних джерел із баз даних PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Перевагу надавали роботам останніх 10–15 років, а також фундаментальним дослідженням, що визначили сучасні підходи до патогенезу та лікування ВДГ.

Пошук здійснювали за ключовими термінами: «вроджена діафрагмальна грижа» (congenital diaphragmatic hernia), «легенева гіпоплазія» (pulmonary hypoplasia), «легенева гіпертензія» (pulmonary hypertension), «пренатальна діагностика» (prenatal diagnosis), «lung-to-head ratio», «ЕСМО», «FETO», «торакоскопічне лікування»

(thoracoscopic repair) та «неонатальна інтенсивна терапія» (neonatal intensive care).

До аналізу включали систематичні огляди, метааналізи, рандомізовані та багатоцентрові клінічні дослідження, а також міжнародні рекомендації щодо діагностики, лікування та прогнозування ВДГ. Виключали поодинокі клінічні випадки, дубльовані публікації та роботи, що не відповідали тематиці дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проблемам етіології, патогенезу, діагностики, лікування та прогнозування вродженої діафрагмальної грижі (ВДГ) присвячено численні експериментальні й клінічні дослідження. Незважаючи на розвиток пренатальної діагностики, неонатальної інтенсивної терапії та дитячої хірургії, ВДГ залишається однією з найтяжчих вроджених патологій. Сучасні принципи ведення пацієнтів представлені у рекомендаціях CDH EURO Consortium, ELSO та даних Congenital Diaphragmatic Hernia Study Group [6, 10, 18, 21].

Основними напрямками сучасних досліджень є вивчення ембріогенезу, молекулярно-генетичних механізмів розвитку ВДГ та факторів, що визначають ступінь легеневої гіпоплазії. Встановлено провідну роль порушень формування плевроперитонеальних структур і генетичних змін у патогенезі захворювання [1–4].

Важливе значення має пренатальна діагностика, що базується на поєднанні ультразвукового дослідження та магнітно-резонансної томографії плода з оцінкою об'єму легень, положення печінки та показника lung-to-head ratio (LHR), який є важливим прогностичним критерієм виживаності новонароджених із ВДГ [8, 9, 11, 15, 24].

Сучасні дослідження підтверджують переваги відтермінованого оперативного лікування після стабілізації кардіореспіраторного стану. Водночас продовжується вивчення ролі ЕСМО, фетоскопічної ендолюмінальної оклюзії трахеї (FETO) та малоінвазивних хірургічних методик [17, 19–21].

Попри значний обсяг наукових даних, залишаються дискусійними критерії відбору для FETO, показання до ЕСМО, оптимальні терміни операції та фактори довгострокового прогнозу. Недостатнє узагальнення міжнародних рекомендацій у вітчизняній літературі обмежує впровадження доказових підходів у клінічну практику [12, 18, 21, 25].

Необхідність систематизації сучасних наукових даних і міжнародного досвіду щодо діагностики, лікування та прогнозування ВДГ у дітей стала підґрунтям для проведення цього дослідження.

Діафрагма є основним дихальним м'язом, який розмежовує грудну й черевну порожнини, забезпечує вентиляцію легень, підтримання внутрішньочеревного тиску та венозне повернення. Її розвиток відбувається переважно у 4–10 тижні внутрішньоутробного періоду за участю поперечної перегородки, плевроперитонеальних мембран, дорсальної брижі стравоходу та міобластів шийних сомітів. Порушення їх взаємодії або неповне закриття плевроперитонеальних каналів призводять до формування вроджених діафрагмальних гриж різної локалізації [1, 5, 23, 26].

Основними зонами виникнення дефектів є трикутник Бохдалека, трикутник Ларрея (Морганьї) та центральна сухожильна частина діафрагми. Локалізація й розміри дефекту визначають клінічний перебіг і вибір хірургічної тактики. У новонароджених діафрагма має функціональну незрілість, що проявляється недостатньою диференціацією м'язових волокон, незавершеним розвитком іннервації та васкуляризації, знижуючи її компенсаторні можливості при гіпоксії та тяжких респіраторних порушеннях (рис. 1) [2, 6, 9, 16, 18].

Вроджена діафрагмальна грижа (ВДГ) виникає внаслідок порушення ембріонального розвитку діафрагми, що призводить до переміщення органів черевної порожнини у грудну клітку та порушення росту й дозрівання легень. Патогенез захворювання має багатофакторний характер і включає генетичні, молекулярні та клітинні механізми. Важливу роль відіграють транскрипційні фактори GATA4, ZFPM2 (FOG2), WT1 та сигнальні шляхи TGF- β , Wnt/ β -catenin і Notch, які регулюють розвиток діафрагми, міогенез і ремоделювання тканин. Порушення їх функції сприяє формуванню дефектів діафрагми та може поєднуватися з іншими вродженими аномаліями [1, 5, 12, 26, 27].

Ключовими ланками патогенезу є порушення ангиогенезу, міграції міогенних клітин і структури позаклітинного матриксу, що знижує міцність діафрагми. Додаткове значення мають гени NR2F2 та FREM2, залучені до морфогенеза діафрагмальної пластинки. Переміщення органів у грудну клітку спричиняє вторинні зміни — компресію легень, порушення розвитку бронхіального дерева, зменшення

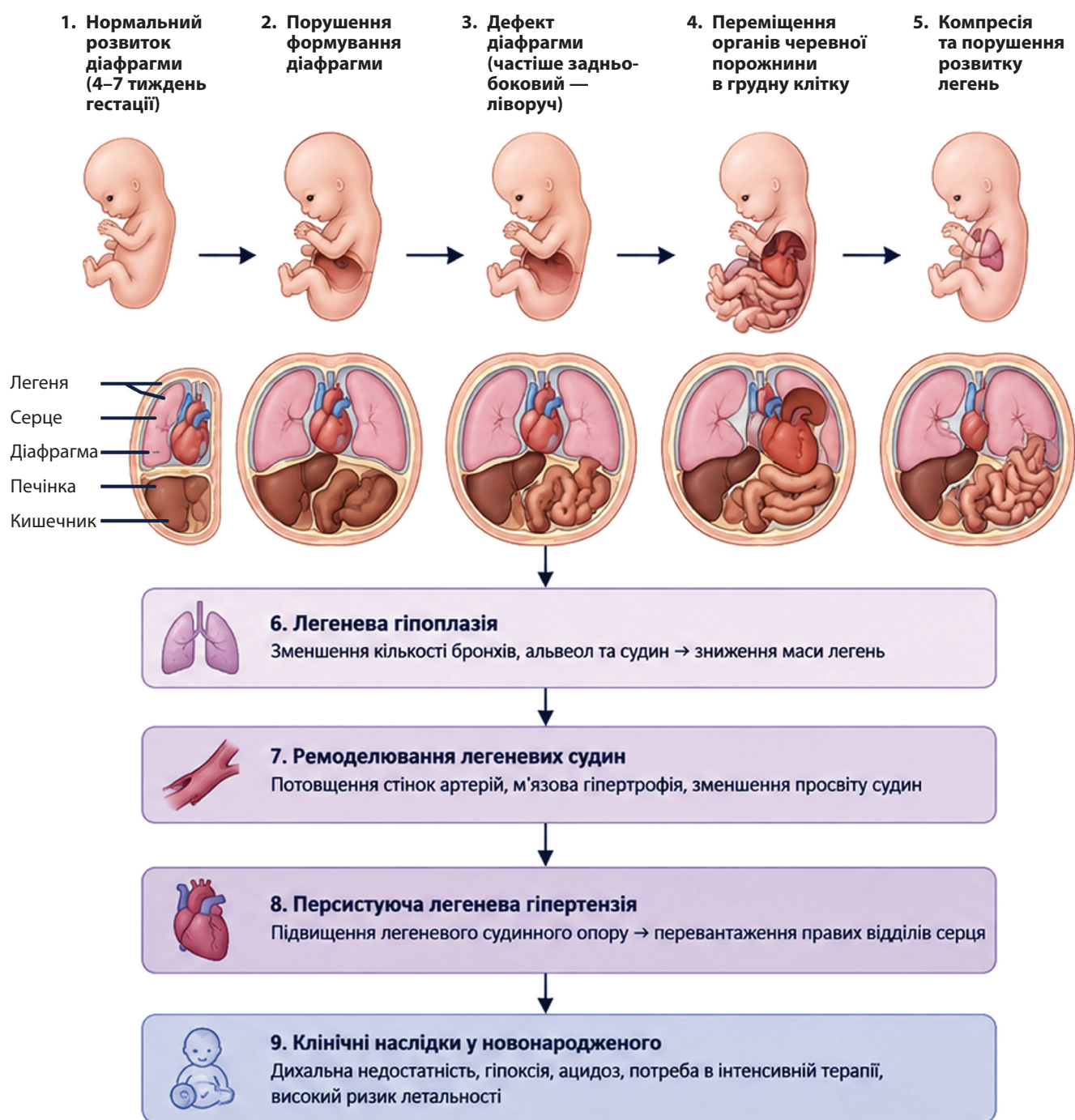


Рис. 1. Ембріогенез та патогенез вродженої діафрагмальної грижі

кількості альвеол та ремодельовання судин малого кола кровообігу. Саме вираженість легеневої гіпоплазії та легеневої гіпертензії визначає тяжкість перебігу, результати лікування та виживаність новонароджених із ВДГ [1, 5, 8, 12].

Діафрагмальні грижі у дітей є однією з найскладніших патологій у неонатальній та дитячій хірургії. Їх клінічне значення визначається не лише анатомічним дефектом діафрагми, а й розвитком легеневої гіпоплазії, персистуючої

легеневої гіпертензії та інших тяжких функціональних порушень, що формуються внутрішньоутробно внаслідок переміщення органів черевної порожнини до грудної клітки [1–4, 10, 22].

Незважаючи на значний прогрес у пренатальній діагностиці, неонатальній інтенсивній терапії та дитячій хірургії, лікування дітей із вродженою діафрагмальною грижею залишається складним. Покращення методів візуаліза-

ції, алгоритмів стабілізації новонароджених, а також впровадження високочастотної вентиляції легень, інгальційного оксиду азоту, ЕСМО та фетальних втручань підвищили ефективність лікування. Водночас прогноз і надалі залежить від ступеня легеневої гіпоплазії, тяжкості легеневої гіпертензії, розміру дефекту діафрагми, супутніх вад розвитку та можливостей спеціалізованого центру. Частота вродженої діафрагмальної грижі становить близько 2–3 випадків на 10 000 живонароджених. Найчастіше зустрічаються лівобічні грижі Бохдалека, тоді як грижі Морганьї, центральні та двобічні дефекти є значно рідшими. Майже у половини пацієнтів патологія поєднується з іншими вродженими вадами або генетичними синдромами, що суттєво погіршує прогноз [3, 5–11, 20].

Сучасні клінічні рекомендації передбачають виконання оперативного втручання після досягнення максимально можливої кардіореспіраторної стабілізації новонародженого, а не в ургентному порядку після народження. Такий підхід дозволяє знизити периопераційний ризик, однак потребує чіткої оцінки готовності пацієнта до хірургічного лікування [7, 9, 12, 29].

Своєчасна діагностика діафрагмальних гриж має важливе значення для вибору тактики ведення вагітності, місця розродження та організації спеціалізованої допомоги. Основним методом пренатальної діагностики ВДГ є ультразвукове дослідження, яке дозволяє виявити переміщення органів черевної порожнини у грудну клітку, зміщення серця та дефект діафрагми. Для оцінки тяжкості використовують показники LHR і O/E LHR, а також визначають положення печінки та об'єм легеневої тканини. За потреби додатково застосовують магнітно-резонансну томографію плода для уточнення об'єму легень і локалізації дефекту [8, 12, 28].

Після народження клінічні прояви визначаються ступенем легеневої гіпоплазії та легеневої гіпертензії й найчастіше включають гостру дихальну недостатність, тахіпное, ціаноз, ослаблення дихання на боці ураження та човноподібний живіт. Діагноз підтверджують рентгенографією органів грудної клітки, а за необхідності доповнюють ультразвуковим дослідженням, ехокардіографією, КТ або МРТ. Ехокардіографія є ключовою для оцінки легеневої гіпертензії, функції серця та супутніх вад [6, 8, 28].

З огляду на часте поєднання ВДГ з іншими вродженими аномаліями необхідне комплексне обстеження пацієнтів. Поєднання прена-

тальних і постнатальних методів візуалізації забезпечує ранню верифікацію патології, оцінку її тяжкості та оптимізацію лікувальної тактики [8, 12, 28].

Після встановлення діагнозу вродженої діафрагмальної грижі (ВДГ) основним завданням є стабілізація кардіореспіраторного стану новонародженого, а не негайне оперативне втручання. Сучасна концепція «*stabilization before operation*» передбачає виконання операції лише після досягнення респіраторної та гемодинамічної стабільності. Одразу після народження уникають вентиляції через лицеву маску, проводять ранню інтубацію трахеї, контролювану штучну вентиляцію легень і декомпресію шлунка назо- або орогастральним зондом [8, 12, 13, 28].

Респіраторна підтримка ґрунтується на принципах «щадної вентиляції» з обмеженням тиску на вдиху та профілактикою баротравми. За недостатньої ефективності традиційної вентиляції застосовують високочастотну осциляторну вентиляцію. Інтенсивна терапія також включає корекцію гемодинамічних порушень, лікування легеневої гіпертензії, застосування інгальційного оксиду азоту, а при рефрактерній гіпоксемії — екстракорпоральної мембранної оксигенації (ЕКМО) [8, 12, 28].

Оперативне лікування проводять після стабілізації оксигенації, гемодинаміки та зменшення проявів легеневої гіпертензії. Такий підхід знижує ризик післяопераційних ускладнень і покращує виживаність, а ефективність лікування значною мірою залежить від якості переперіопераційної інтенсивної терапії [8, 12, 28].

Хірургічна корекція вродженої діафрагмальної грижі (ВДГ) є основним методом лікування, однак операцію виконують лише після стабілізації кардіореспіраторного стану новонародженого. Метою втручання є повернення органів черевної порожнини в анатомічне положення та відновлення цілісності діафрагми. Обсяг операції визначається локалізацією і розмірами дефекту, ступенем зміщення органів та загальним станом пацієнта [6, 8, 12, 28].

Традиційно застосовують відкриті доступи з пластиною дефекту: при невеликих дефектах виконують первинне ушивання власними тканинами, а при великих використовують синтетичні або біологічні імплантати. У стабільних пацієнтів дедалі ширше застосовують малоінвазивні торакоскопічні та лапароскопічні методики, що зменшують операційну травму та прискорюють відновлення [6, 8, 12, 28].

Післяопераційне лікування включає респіраторну підтримку, контроль гемодинаміки, профілактику інфекційних ускладнень, знеболення та поступове відновлення харчування. Результати лікування визначаються не лише технікою операції, а й ступенем легеневої гіпоплазії, легеневої гіпертензії, наявністю супутніх вад і якістю мультидисциплінарного супроводу [8, 12, 28].

Незважаючи на розвиток неонатальної реанімації, анестезіології та дитячої хірургії, післяопераційний період у дітей із ВДГ може супроводжуватися ускладненнями, що визначають подальший прогноз. Їх частота залежить від ступеня легеневої гіпоплазії, легеневої гіпертензії, розмірів дефекту та способу його пластики. Одним із найважливіших ускладнень є рецидив грижі, ризик якого зростає при великих дефектах, використанні імплантатів і недостатності власних тканин діафрагми [6, 8, 12, 28].

Після оперативної корекції у частини дітей зберігаються порушення функції дихальної системи, рецидивні бронхолегеневі інфекції, бронхообструктивний синдром і зниження толерантності до фізичних навантажень. Частим віддаленим наслідком є гастроезофагеальна рефлюксна хвороба, яка інколи потребує антирефлюксного оперативного лікування [6, 8, 28].

Віддалений перебіг ВДГ може супроводжуватися порушеннями фізичного розвитку, недостатнім набором маси тіла, деформаціями грудної клітки, сколіозом, а у дітей із тяжким перебігом — неврологічними та когнітивними розладами. Тому необхідне тривале мультидисциплінарне спостереження з контролем функції легень, серцево-судинної системи, нутритивного статусу, фізичного й нервово-психічного розвитку, що сприяє покращенню довгострокових результатів лікування (рис. 2) [8, 12, 28].

Прогноз при вродженій діафрагмальній грижі (ВДГ) значною мірою визначається ступенем внутрішньоутробного порушення розвитку легень і серцево-судинної системи. Основними пренатальними прогностичними критеріями є показники LHR та O/E LHR, зниження яких асоціюється з вираженою легеневою гіпоплазією, легеневою гіпертензією та високим ризиком дихальної недостатності. Несприятливим фактором також є внутрішньогрудне розташування печінки, що свідчить про великий дефект діафрагми та пов'язане зі зниженням виживаності [8, 12, 28].

Магнітно-резонансна томографія плода підвищує точність оцінки об'єму легеневої тканини, а після народження прогностичне значення

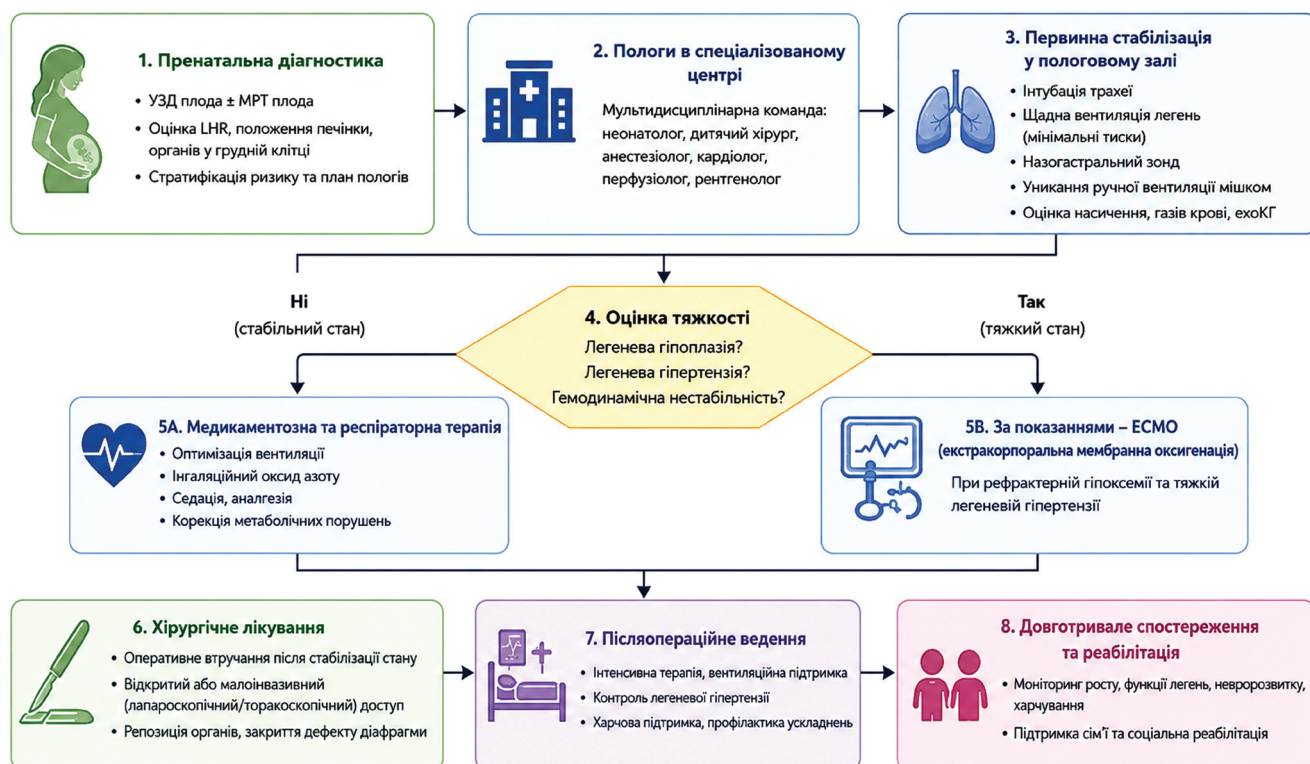


Рис. 2. Алгоритм ведення новонародженого з вродженою діафрагмальною грижею

мають виражена легенева гіпертензія, тривала штучна вентиляція легень, стійка гіпоксемія, метаболічний ацидоз, потреба в інотропній підтримці та застосуванні екстракорпоральної мембранної оксигенації [8, 12, 28].

На результати лікування також впливають великі розміри дефекту, використання імплантатів, двобічне ураження та супутні вроджені аномалії. Сучасні прогностичні моделі поєднують дані пренатальної візуалізації, клінічні та інструментальні показники, що дозволяє індивідуалізувати лікувальну тактику й покращити результати лікування [6, 8, 12, 28].

Перспективні напрямки розвитку діагностики та лікування вроджених діафрагмальних гриж. Досягнення останніх десятиліть суттєво змінили підходи до лікування вродженої діафрагмальної грижі (ВДГ). Сучасна стратегія ґрунтується на комплексному веденні пацієнта, що включає пренатальну діагностику, оцінку прогнозу, інтенсивну терапію, оптимальні терміни операції та післяопераційне спостереження. Удосконалення ультразвукової та МРТ-діагностики, а також інтеграція клінічних і генетичних даних підвищують точність прогнозування перебігу захворювання [8, 12, 28].

Перспективним напрямом є фетоскопічна ендолюмінальна оклюзія трахеї (FETO), яка стимулює внутрішньоутробний ріст легень у плодів із тяжкою легеневою гіпоплазією. Одночасно вдосконалюються методи інтенсивної терапії, персоналізована респіраторна підтримка, лікування легеневої гіпертензії та підходи до застосування екстракорпоральної мембранної оксигенації [8, 12, 28].

Подальший розвиток пов'язаний із створенням біосумісних матеріалів для пластики великих дефектів, удосконаленням малоінвазивних методик, а також вивченням генетичних і молекулярних механізмів ВДГ для раннього виявлення груп високого ризику [1, 5, 6, 12, 28].

Важливою складовою сучасної допомоги залишається довготривале мультидисциплінарне спостереження дітей після оперативної корекції, що дозволяє своєчасно виявляти віддалені ускладнення та покращувати якість життя пацієнтів [8, 12, 28].

ВИСНОВКИ

Вроджена діафрагмальна грижа (ВДГ) залишається однією з найтяжчих вроджених патологій, перебіг якої визначається ступенем легеневої гіпоплазії, легеневої гіпертензії та наявністю супутніх вад розвитку. Результати

лікування значною мірою залежать від своєчасної діагностики, адекватної інтенсивної терапії та спеціалізованої хірургічної допомоги.

Сучасна пренатальна діагностика дає змогу оцінити тяжкість ВДГ, прогнозувати перебіг захворювання та планувати тактику ведення вагітності й розродження. Основними принципами лікування є стабілізація кардіореспіраторного стану новонародженого, щадна вентиляція легень, корекція легеневої гіпертензії та виконання операції після досягнення гемодинамічної стабільності.

Подальше вдосконалення лікування пов'язане з розвитком персоналізованих підходів, пренатальної діагностики, фетальної та малоінвазивної хірургії, а також вивченням молекулярно-генетичних механізмів захворювання. Важливою умовою покращення віддалених результатів залишається мультидисциплінарний супровід дітей із ВДГ.

REFERENCES

1. Ackerman KG, Herron BJ, Vargas SO, Huang H, Tevosian SG, Kochilas L, et al. Fog2 is required for normal diaphragm and lung development in mice and humans. *PLoS Genet.* 2005;1(1):e10. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0010010>
2. Wat MJ, Veenma D, Hogue J, Holder AM, Yu Z, Wat JJ, et al. Genomic alterations that contribute to the development of isolated and non-isolated congenital diaphragmatic hernia. *J Med Genet.* 2011;48(5):299–307. doi: <https://doi.org/10.1136/jmg.2011.089680>
3. Veenma DC, de Klein A, Tibboel D. Developmental and genetic aspects of congenital diaphragmatic hernia. *Pediatr Pulmonol.* 2012;47(6):534–45. doi: <https://doi.org/10.1002/ppul.21647>
4. Greer JJ. Current concepts on the pathogenesis and etiology of congenital diaphragmatic hernia. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013;189(2):232–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.04.015>
5. McGivern MR, Best KE, Rankin J, Wellesley D, Greenlees R, Addor MC, et al. Epidemiology of congenital diaphragmatic hernia in Europe: a register-based study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2015;100(2):F137–44. doi: <https://doi.org/10.1136/archdischild-2014-306174>
6. Chandrasekharan PK, Rawat M, Madappa R, Rothstein DH, Lakshminrusimha S. Congenital diaphragmatic hernia: a review. *Matern Health Neonatol Perinatol.* 2017;3:6. doi: <https://doi.org/10.1186/s40748-017-0045-1>
7. Haroun HS. Congenital diaphragmatic hernias: a review article. *Anat Physiol Biochem Int J.* 2018;4(2):555635. doi: <https://doi.org/10.19080/APBIJ.2018.04.555635>
8. Van Mieghem T, Russo FM, Engels A, De Catte L, Devlieger R, Lewi L, et al. Congenital diaphragmatic hernia. In: Copel JA, D'Alton ME, Feltovich H, Grata-

- cós E, Krakow D, Odibo AO, et al., editors. *Obstetric imaging: fetal diagnosis and care*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2018. p. 124–9. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-44548-1.00021-2>
9. Gallot D, Boda C, Ughetto S, Perthus I, Robert-Gnansia E, Francannet C, et al. Prenatal detection and outcome of congenital diaphragmatic hernia: a French registry-based study. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2007; 29(3):276–83. doi: <https://doi.org/10.1002/uog.3863>
 10. Congenital Diaphragmatic Hernia Study Group. Defect size determines survival in infants with congenital diaphragmatic hernia. *Pediatrics*. 2007;120(3): e651–7. doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2006-3040>
 11. Basurto D, Russo FM, Papastefanou I, Bredaki E, Allegaert K, Perterra A, et al. Pulmonary hypertension in congenital diaphragmatic hernia: antenatal prediction and impact on neonatal mortality. *Prenat Diagn*. 2022;42(10):1303–11. doi: <https://doi.org/10.1002/pd.6207>
 12. Salas GL, Otaño JC, Cannizzaro CM, Mazzucchelli MT, Goldsmit GS. Congenital diaphragmatic hernia: postnatal predictors of mortality. *Arch Argent Pediatr*. 2020;118(3):173–9. doi: <https://doi.org/10.5546/aap.2020.eng.173>
 13. Emanuel H, Breitschopf HV, Harting MT, Martinez Castillo DJ, Yadav A, McBeth K, et al. Pulmonary outcomes of congenital diaphragmatic hernia patients based on defect size (CDH Study Group Stage). *Transl Pediatr*. 2023;12(8):1490–503. doi: <https://doi.org/10.21037/tp-23-14>
 14. Otaño JC, Murua V, Rugilo J, Reusmann A, Gonzalez Ruhrnschopf C, Fariña D, et al. Congenital diaphragmatic hernia: relationship between defect size and outcome. Experience in a reference centre. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2024;101(1):29–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2024.04.020>
 15. Beurskens LWJE, Tibboel D, Lindemans J, Duvekot JJ, Cohen-Overbeek TE, Veenma DCM, et al. Retinol status of newborn infants is associated with congenital diaphragmatic hernia. *Pediatrics*. 2010; 126(4):712–20. doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0521>
 16. Guglielmetti LC, Estrada AE, Phillips R, Staerkle RF, Gien J, Kinsella JP, et al. Congenital diaphragmatic hernias: severe defect grade predicts the need for fundoplication. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(49):e23383. doi: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023383>
 17. Kryvchenia DYU, Rudenko EO, Shulzhyk II. Osnovni chynnyky ryzyku povtornykh operatsii u ditei z vrodzhenymy diafrahmalnymy hryzhamy [The main risk factors for reoperations in children with congenital diaphragmatic hernias]. *Paediatric Surgery. Ukraine*. 2022;1(74):20–6. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15574/PS.2022.74.20>
 18. Schneider A, Becmeur F. Pediatric thoracoscopic repair of congenital diaphragmatic hernias. *J Vis Surg*. 2018;4:43. doi: <https://doi.org/10.21037/jovs.2018.02.03>
 19. Kumar A, Parshad R, Suhani, Bhattacharjee HK, Sharma R. Thoracoscopic repair of diaphragmatic hernias. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021; 37(5):558–64. doi: <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01142-z>
 20. Wren JT Jr, Patel N, Harting MT, McNamara PJ. Hemodynamic precision to guide surgical timing for neonates with congenital diaphragmatic hernia: a narrative review. *J Perinatol*. 2025;45:552–61. doi: <https://doi.org/10.1038/s41372-025-02265-6>
 21. Naanani I, Adyel R, Kihal Z, Hafoud S, Bentaleb D, Laouidi D, et al. Imaging of congenital diaphragmatic hernias. *SAS J Med*. 2025;11(4):308–15. doi: <https://doi.org/10.36347/sasjm.2025.v11i04.009>
 22. Filyk OV, Pidhirnyi YaM. Diafrahm-protektivna shuchna ventyliatsiia lehen u ditei [Diaphragm-protective mechanical ventilation in children]. *Pain Anaesth Intensive Care*. 2020;2(91):68–75. Ukrainian. doi: [https://doi.org/10.25284/2519-2078.2\(91\).2020.205602](https://doi.org/10.25284/2519-2078.2(91).2020.205602)
 23. Tan YW, Banerjee D, Cross KM, De Coppi P, GOSH team, Blackburn SC, et al. Morgagni hernia repair in children over two decades: institutional experience, systematic review, and meta-analysis of 296 patients. *J Pediatr Surg*. 2018;53(10):1883–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.04.009>
 24. Salokha AF, Borys OYA, Ivanochko RV. Vrodzheni diafrahmalna hryzha: chy tse patolohiia tilky neonatalnoho periodu? [Is congenital diaphragmatic hernia a pathology of the neonatal period only?]. *Paediatric Surgery. Ukraine*. 2020;2(67):91–5. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15574/PS.2020.67.91>
 25. Babintseva AG, Khodzynska YuYu, Khoma MV, Basytyi SI, Makarova OV. Vrodzheni diafrahmalna kyla: klinichni vypadky v ditei pozaneonatalnoho viku [Congenital diaphragmatic hernia: clinical cases among post-neonatal age infants]. *Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics*. 2021;1(85):100–4. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15574/PP.2021.85.100>
 26. Filosso PL, Guerrera F, Sandri A, Lausi PO, Lyberis P, Bora G, et al. Surgical management of chronic diaphragmatic hernias. *J Thorac Dis*. 2019;11(Suppl 2): S177–85. doi: <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.01.54>
 27. Petersen C, Ure BM, editors. *Thoracic surgery in children and adolescents*. Berlin: De Gruyter; 2017. doi: <https://doi.org/10.1515/9783110419825>
 28. Eisenberg RL. Diaphragm. In: Eisenberg RL. *What radiology residents need to know: chest radiology*. Cham: Springer; 2020. p. 271–7. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-16826-1_20
 29. Bovino SA. *The evolution and treatment of congenital diaphragmatic hernias in neonates* [master's thesis]. Boston (MA): Boston University; 2017. Available from: <https://hdl.handle.net/2144/23760>

ФІНАНСУВАННЯ

Фінансування дослідження відсутнє.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

FUNDING

The study received no external funding.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки рукопису використовувалися інструменти генеративного штучного інтелекту виключно для мовно-стилістичного редагування тексту. Остаточна відповідальність за зміст рукопису покладається на авторів.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

КОНОПЛИЦЬКИЙ Віктор: концептуалізація, формальний аналіз, методологія, написання — перегляд та редагування, адміністрування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9525-1547>

КОРОБКО Юрій: концептуалізація, курація даних, дослідження.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3299-878X>

САСЮК Анатолій: написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7454-2986>

ЛУКІЯНЕЦЬ Олег: написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-080X>

МИХАЛЬЧУК Тетяна: концептуалізація, формальний аналіз.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6396-470X>

ДИМЧИНА Юлія: формальний аналіз, курація даних, дослідження.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7055-0866>

Отримано: 11.08.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence tools were used solely for language editing and stylistic refinement of the manuscript. The authors take full responsibility for the content of the manuscript.

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KONOPLITSKYI Viktor: conceptualization, formal analysis, methodology, writing — review and editing, project administration.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9525-1547>

KOROBKO Yuri: conceptualization, data curation, investigation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3299-878X>

SASIUK Anatolii: Writing — original draft, writing — review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7454-2986>

LUKIANETS Oleh: writing — original draft, writing — review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-080X>

MYKHALCHUK Tetiana: conceptualization, formal analysis.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6396-470X>

DYMCHYNA Yuliia: formal analysis, data curation, investigation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7055-0866>

Received: 11.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



ENVIRONMENTAL VIBRATION AND PUBLIC HEALTH: A SCOPING REVIEW OF HEALTH EFFECTS, EXPOSURE ASSESSMENT, AND PREVENTIVE STRATEGIES

Halak S.S.,
Semashko P.V.,
Bezverkha A.P.,
Serdiuk Ye.A.,
Gots O.V.

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

- **OBJECTIVE.** To systematically map and synthesize current evidence on the effects of environmental vibration on populations, methods of exposure assessment, exposure–response relationships, regulatory approaches, and preventive strategies, and to identify the main gaps in the evidence base from a public health perspective.
- **MATERIALS AND METHODS.** A scoping review was conducted in accordance with JBI methodology, with reporting guided by PRISMA-ScR and PRISMA-S. PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science Core Collection were searched from database inception through 24 August 2026, supplemented by citation searching. Eligibility criteria were structured according to the PCC (Population–Concept–Context) framework. Twenty-four publications were included in the empirical synthesis and grouped into 13 research clusters; regulatory and methodological sources were analyzed separately.
- **RESULTS.** The most developed evidence base concerned railway vibration. The most consistent exposure–response relationships were observed for annoyance. Field and laboratory studies also support associations between nocturnal vibration and sleep disturbance, cortical arousals, awakenings, and acute changes in heart rate; in some experiments, vibration effects were observed independently of noise. Evidence for psychological and cognitive symptoms remains emerging and limited, and adequate prospective data on clinically manifest chronic diseases were not identified. Exposure assessment methods were heterogeneous and included RMS, VDV, $v_{w,95}$, VdB, PPV, maximum frequency-weighted measures, and modelled exposure. Regulatory systems are primarily oriented toward comfort, annoyance, or structural safety rather than quantitative assessment of long-term health risk.
- **CONCLUSIONS.** Environmental vibration should be regarded as a physical stressor relevant to public health, with the strongest evidence for annoyance and sleep disturbance. Priorities include standardizing exposure assessment, jointly evaluating noise and vibration, investigating nocturnal exposure, vulnerable populations, and long-term clinical outcomes, and preventing exposure through spatial and transport planning.
- **KEYWORDS:** *environmental vibration, public health, railway vibration, annoyance, sleep disturbance, exposure assessment, prevention.*

ВІБРАЦІЯ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я: SCOPING-ОГЛЯД ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я, ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПОЗИЦІЇ ТА ПРОФІЛАКТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ

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

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

- **МЕТА.** Систематично картувати та узагальнити сучасні наукові дані щодо впливу вібрації навколишнього середовища на населення, методів оцінювання експозиції, залежностей «експозиція–ефект», нормативних підходів і профілактичних стратегій, а також визначити основні прогалини доказової бази з позицій громадського здоров'я.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено scoping-огляд відповідно до методології JBI із дотриманням рекомендацій PRISMA-ScR та PRISMA-S щодо звітності. Пошук здійснювали в базах PubMed/MEDLINE, Scopus і Web of Science Core Collection від початку їх індексації до 24 серпня 2026 року з додатковим пошуком за списками цитувань. Критерії включення сформовано відповідно до моделі PCC (Population–Concept–Context). До емпіричного синтезу включено 24 публікації, згруповані у 13 дослідницьких кластерів; нормативні та методологічні джерела аналізували окремо.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Найбільш сформована доказова база стосувалася залізничної вібрації. Найпоспідовніші залежності «експозиція–ефект» встановлено для роздратування населення. Результати польових і лабораторних досліджень також підтверджують зв'язок нічної вібраційної експозиції з порушенням сну, кортикальними активаціями, пробудженнями та гострими змінами частоти серцевих скорочень; в окремих експериментах ефекти вібрації спостерігалися незалежно від шумового впливу. Докази щодо психологічних і когнітивних симптомів залишаються новими та обмеженими, а достатніх проспективних даних щодо клінічно маніфестних хронічних захворювань не виявлено. Методи оцінювання експозиції характеризувалися значною неоднорідністю та включали RMS, VDV, $v_{w,95}$, VdB, PPV, максимальні частотно-кориговані показники та модельовану експозицію. Нормативні системи переважно орієнтовані на комфорт, роздратування або конструктивну безпеку, а не на кількісне оцінювання довгострокового ризику для здоров'я.

- **ВИСНОВКИ.** Вібрацію навколишнього середовища доцільно розглядати як фізичний стресор, значущий для громадського здоров'я, з найбільш переконливими доказами щодо роздратування та порушення сну. Пріоритетними напрямками є стандартизація оцінювання експозиції, одночасне оцінювання шуму і вібрації, дослідження нічної експозиції, уразливих груп населення та довгострокових клінічних наслідків, а також профілактика впливу на етапах просторового і транспортного планування.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *вібрація навколишнього середовища, громадське здоров'я, залізнична вібрація, роздратування, порушення сну, оцінювання експозиції, профілактика.*

INTRODUCTION

Environmental vibration is a common physical factor in urban and suburban environments and is associated with railway and road traffic, metro systems, construction activities, and industrial sources. In residential settings, it is often intermittent and co-occurs with transportation noise. Actual human exposure is determined not only by distance from the source but also by soil properties, the frequency content of vibration, rolling-stock characteristics, foundations, building design, and the resonant properties of structures.

Transmission of vibration from the source to the individual is a multistage process: mechanical energy is generated by transport or technological processes, propagates through the ground, is transferred to foundations and structural elements, and may be amplified at specific natural frequencies of the building. Consequently, equal distance from a source does not ensure equal exposure, and field assessment requires simultaneous consideration of source characteristics, the propagation path, and building response.

From a public health perspective, exposure in the home is particularly important because the residential environment is expected to support sleep, rest, and recovery. Perception, discomfort, and annoyance have been studied most frequently; a smaller but important body of research has addressed sleep, cortical arousals, awakenings, and acute cardiac responses. A previous systematic review of railway vibration found that epidemiological evidence was largely limited to annoyance and self-reported sleep disturbance, while studies of clinically manifest disease were absent [1]; a corrigendum to that review was published in 2024 [2].

Since 2023, the evidence base has expanded to include new population studies of railway vibration, contemporary experiments on combined noise and vibration, and the first studies linking direct measurements of metro vibration with standardized indicators of mental health. Nevertheless, the literature remains methodologically heterogeneous, using RMS, VDV, statistical maxima of frequency-weighted velocity, VdB, PPV, maximum

acceleration, and modelled individual exposure. This heterogeneity complicates direct comparisons across studies and the development of universal health-based criteria.

A further challenge is the combined action of noise and vibration. The two exposures often originate from the same transport source; therefore, their effects are correlated in field studies and may modify each other. Laboratory studies allow better separation of exposure components, whereas population studies better reflect real-life residential conditions. Triangulation across these designs is therefore essential when considering causality.

A gap also exists between the epidemiological evidence base and regulatory practice. International and national standards use different metrics and are primarily oriented toward comfort, annoyance, or structural safety, while universal health-based guideline values for long-term non-occupational vibration exposure have not been established. Standardization of exposure assessment is therefore central to the further development of evidence-based public health practice in this field.

Given the breadth of the topic and the diversity of sources, study designs, exposure metrics, and outcomes, a scoping review approach was selected because it is suitable for systematically mapping evidence, identifying conceptual and methodological gaps, and defining priorities for future research [3].

Objective. The objective of this review was to systematically map and synthesize evidence on the effects of environmental vibration on populations, methods of exposure assessment, exposure-response relationships, regulatory approaches, and preventive strategies, and to identify the main gaps in the evidence base from a public health perspective.

RESEARCH QUESTIONS

1. Which sources of environmental vibration and which non-occupational residential/community contexts are represented in the literature?
2. Which physical metrics and methods are used to assess individual or population-level exposure?

3. Which subjective, functional, physiological, psychological, and clinical outcomes have been investigated, and for which outcomes have exposure–response relationships been established?

4. What roles are played by co-exposure to noise, source type, building characteristics, and individual or situational factors?

5. Which regulatory and preventive approaches are used, and which evidence gaps are priorities for evidence-based public health?

MATERIALS AND METHODS

Review design and conceptual framework.

The review was conducted as a scoping review in accordance with JBI methodological guidance [3]. Reporting was guided by PRISMA-ScR [4], and description of the search strategy followed PRISMA-S principles [5]. Eligibility criteria were structured according to the PCC (Population–Concept–Context) framework.

Population: the general population and residents of residential or community settings exposed to non-occupational anthropogenic vibration. **Concept:** environmental/community vibration, including railway, metro, tram, road traffic, construction, and industrial/community vibration; additional concepts included exposure assessment, perception, annoyance, discomfort, sleep, physiological, psychological/cognitive outcomes, exposure–response relationships, and mitigation. **Context:** residential, urban, suburban, and other non-occupational community settings.

Inclusion and exclusion criteria. The core evidence base included peer-reviewed publications indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus, or Web of Science that: (1) assessed human responses or health-related outcomes associated with environmental vibration; (2) described relevant methods for measuring or modelling exposure; or (3) evaluated preventive or mitigation approaches in residential/community settings. Systematic reviews, methodological studies, and official standards or policy documents were used to contextualize the evidence. No lower date limit was applied; the search was current through 24 August 2026.

By functional purpose, eligible sources were grouped into four categories. Health/human-response studies assessed perception, annoyance, discomfort, sleep disturbance, awakenings/cortical arousal, and physiological, psychological, cognitive, or clinical outcomes. Exposure-assessment studies described or compared methods for measuring and modelling environmental vibration when directly relevant to population assessment. Prevention/mitigation studies addressed technical, building-related, transport, or planning interventions. Review/methodological/policy sources were used to contextualize primary evidence and regulatory practice.

Studies of occupational whole-body vibration or hand–arm vibration, animal or in vitro experiments, therapeutic applications of mechanical vibration, noise-only studies without a separate characterization of vibration, and purely structural or engineering studies without relevance to population exposure or prevention were excluded. The term whole-body vibration was not itself an exclusion criterion; eligibility was determined by the exposure context.

Information sources and search strategy. Searches were conducted in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science Core Collection. Backward and forward citation searching of key studies and previous reviews was also performed. Regulatory documents were identified separately through the official websites of the issuing organizations.

The search strategy combined four conceptual blocks:

(1) *vibration exposure* — vibration*, environmental/community/ground-borne/railway/rail/traffic/road traffic/train-induced vibration;

(2) *residential/community context* — residential, dwelling*, home*, building*, resident*, community, population;

(3) *human response/health* — annoyance, discomfort, perception, acceptability, concern, sleep, awakening, arousal, physiological, heart rate, mental health, depress*, attention, concentration; and

(4) *exposure–response/methodology* — exposure, exposure–response, dose–response, measurement, assessment, prediction. Following a pilot search, the terms «human response», «community response», and «vibration annoyance» were added. Syntax was adapted to each database.

The working PubMed query consisted of three sequential logical components: terms for vibration exposure; residential/community context; and human response/health and exposure–response terms. Equivalent title/abstract/keyword fields and Boolean operators were used in Scopus and Web of Science. A blanket NOT occupational filter was not applied in order to avoid excluding relevant articles in which the term whole-body vibration was used for occupants of buildings; occupational settings were excluded during screening.

Additional citation searching was particularly important for earlier studies whose titles did not consistently use contemporary terms such as «environmental vibration» or «health». It was also used

to identify secondary analyses from the same research programmes and to avoid incorrectly treating them as independent populations.

Study selection, data charting, and population overlap. After deduplication, records underwent sequential title/abstract screening and full-text assessment. Reasons for exclusion at full-text review were categorized as occupational exposure, absence of environmental vibration, irrelevant population/context/outcome, purely structural outcomes, or an ineligible publication type. The selection process should be presented in a PRISMA-ScR flow diagram [4].

For each included publication, we extracted country, study design, sample, vibration source, measurement method and location, exposure metric and units, frequency weighting, temporal characteristics, co-exposure to noise, outcome, effect estimate, 95% confidence interval (CI), adjusted confounders, principal findings, and limitations. The functional role of each source was also coded as H — health/human response, E — exposure assessment, P — prevention/mitigation, or C — contextual/review/methodological.

The standardized data-charting form included authors and year; country and Study/Cohort ID; design; sample size and characteristics; source type; measurement location, direction, and method; physical quantity and units; frequency weighting; exposure duration and temporal structure; number of events; concurrent noise; outcome assessment method; effect estimate and 95% CI; covariates/confounders; key findings; and limitations. The form could be refined during piloting when new types of indicators required additional fields.

To avoid double-counting the same populations, Publication ID was distinguished from Study/Cohort ID. Related publications from NANR209, Cargo Vibes, TVANE, EpiVib, and the Japanese Shinkansen surveys were grouped on the basis of country, data-collection period, sample characteristics, authorship, and project descriptions.

Critical appraisal and synthesis. Although formal critical appraisal is not mandatory for a scoping review, it was undertaken to improve interpretation of health outcomes. The revised JBI Critical Appraisal Tool for Analytical Cross-sectional Studies was used for analytical cross-sectional studies [6], with design-specific approaches applied to other study types. No aggregate quality score was calculated; domains were assessed separately. Because of substantial heterogeneity in sources, metrics, units, outcomes, and designs, an overall meta-analysis was not performed; instead, descrip-

tive and narrative evidence mapping was used. Regulatory documents were analyzed separately, with explicit distinction between human-response criteria and building-damage criteria.

Critical appraisal was used not as a mechanical exclusion criterion but as a tool for weighted interpretation. For cross-sectional studies, particular attention was paid to clear inclusion criteria, validity of exposure and outcome measurement, identification and control of confounders, and appropriateness of the statistical analysis [6]. For laboratory experiments, exposure control, protocol standardization, objectivity of outcomes, and external validity were considered; for qualitative studies, methodological congruence with the research question and transparency of analysis were assessed.

RESULTS AND DISCUSSION

Overall characteristics of the evidence base. Within this scoping review, 24 publications were included in the empirical synthesis and grouped into 13 research clusters representing individual studies or research programmes. Several programmes, including NANR209, CargoVibes, TVANE, and EpiVib, were represented by multiple publications with complete or partial overlap of samples, while some publications reported secondary or pooled analyses of several primary studies. Publication ID and Study/Programme ID were therefore analyzed separately to avoid double-counting evidence. Most evidence originated from the United Kingdom, Sweden, Norway, and Japan; more recent studies added data from Malaysia and Iran. Central and Eastern Europe, including Ukraine, remain under-represented.

Research on railway vibration predominated, including conventional passenger and freight trains, high-speed systems, metro, and light rail. Road traffic, construction, and industrial vibration have been studied far less extensively. Field studies were predominantly cross-sectional and combined questionnaires with measured or modelled exposure; laboratory sleep studies were small but employed polysomnography (PSG) and electrocardiography (ECG). The Norwegian socio-vibration survey included 1,503 respondents [7]; NANR209 comprised 1,281 interviews, including 931 on railway vibration and 350 on construction vibration [8, 9]. EpiVib included 6,894 participants in an early publication [13], while a later analysis included 7,280 adults with modelled exposure [14].

Sample size varied substantially by design. Laboratory sleep studies typically involved 12–24

healthy volunteers [17–20], whereas field socio-vibration studies included hundreds or thousands of residents [7–15]. Most field samples consisted of adults; children, adolescents, older adults, and medically vulnerable individuals were underrepresented. This limitation is particularly relevant to the external validity of laboratory evidence.

A clear hierarchy was evident across outcome domains. Perception, discomfort, and annoyance were assessed most frequently, followed by sleep disturbance. Acute physiological outcomes were represented mainly by laboratory PSG/ECG studies, whereas mental-health, cognitive, and clinically manifest outcomes were uncommon. Consequently, the «health evidence» in this field should not be treated as a homogeneous body of evidence: confidence differs substantially by outcome level.

The number of publications exceeded the number of independent populations. NANR209 generated a series of papers on exposure metrics, railway/construction annoyance, and modifying factors [8–10, 27]; CargoVibes produced laboratory and field analyses of sleep and heart-rate responses [17–21]; TVANE examined interactions between railway noise and vibration [11, 12]; and EpiVib progressed from a distance proxy to modelled individual exposure [13, 14]. This clustering was taken into account when interpreting the strength and consistency of the evidence.

Exposure assessment. Exposure assessment methods were highly heterogeneous. In Norway, exposure was characterized using the statistical maximum frequency-weighted vibration velocity, $v_{w,95}$; exposure was estimated for 1,427 of 1,503 re-

Table 1. Key research programmes and their contribution to the evidence base

Study/Programme	Source	Design/Sample	Primary outcome	Contribution
Norwegian Socio-Vibrational Survey [7]	Road/rail/tram/metro	Field study, $n = 1,503$	Annoyance	$v_{w,95}$; exposure–response
NANR209 [8–10, 27, 30]	Rail + construction	Field study, $n = 1,281$	Annoyance, acceptability	Exposure metrics, source-specific response, modifiers
TVANE [11, 12]	Rail	Field study, $n = 1,695$; secondary subset, $n = 862$	Annoyance	Combined noise–vibration response
EpiVib [13, 14, 22]	Rail	Qualitative + cross-sectional; large survey, $n = 7,280$	Perception, annoyance	Qualitative context; distance proxy → modelled exposure
Rafidah et al. [15]	Rail	Field measurements + survey, $n = 208$	Annoyance	Train type, speed, distance
Arnberg et al. [16]	Heavy road traffic	Laboratory experiment	Sleep	Direct evidence for road-traffic vibration effects on sleep
CargoVibes [17–21]	Freight rail	3 Laboratory + 2 field studies	Sleep, arousal, heart rate	Psg/ecg and exposure–response
Moriyama et al. [23]	Shinkansen	Socio-acoustic survey, $n = 1,022$	Annoyance/activity	Activity disturbance
Sadeghi et al., PHQ-9 [24]	Metro	Cross-sectional; one building, $n = 144$	Depressive symptoms	Emerging mental-health evidence
Sadeghi et al., ASR [25]	Metro	Cross-sectional; 31 buildings, $n = 451$	Mental-health dimensions	Broader psychological outcomes
Tung et al. [26]	Road + conventional/high-speed rail	Laboratory experiment	Discomfort	Combined noise–vibration effects
Howarth & Griffin [28]	Rail	Controlled laboratory study	Annoyance	Early combined noise–vibration evidence
Yokoshima et al. [29]	Shinkansen	Secondary analysis of 6 surveys	Annoyance	Pooled Japanese evidence on combined effects

spondents by combining measurements with semi-empirical modelling, and annoyance increased with increasing $v_{w,95}$ [7]. In NANR209, 24-hour exposure estimates were obtained for 1,073 cases, and 60 vibration descriptors with six frequency-weighting variants were compared. No single descriptor showed a consistent advantage, whereas the use of appropriate frequency weighting improved the association with population response [8, 9].

For intermittent events, vibration dose value (VDV), which is sensitive to short high-amplitude peaks, was widely used. Sleep studies applied event-based velocity and maximum frequency-weighted acceleration: 0.7 and 1.4 mm/s in Smith et al. [19] and $a_{w,d,max} = 0.0204 \text{ m/s}^2$ in the vibration-only condition [20]. For cumulative nocturnal exposure, an 8-hour $\log_{10}$ RMS measure was used; in a pooled analysis, a one-unit increase in this measure was associated with an odds ratio (OR) of 3.51 (95% CI 2.60–4.73) for greater sleep disturbance [21].

VDV differs from RMS in that the fourth-power integration of instantaneous frequency-weighted acceleration makes it particularly sensitive to high-amplitude events, which is relevant to transportation and construction vibration. PPV is more commonly used in engineering and structural assessment, whereas VdB is widely used in transport guidance systems. Thus, the same physical situation may be described using metrics that capture different aspects of exposure and are not interchangeable.

Frequency content is independently important because transmission through soil and buildings, as well as human sensitivity, is frequency dependent. Resonant characteristics of floors can amplify particular frequency bands even when ground vibration is moderate. Consequently, measurements only at the site boundary or the use of distance as a surrogate may substantially misclassify actual indoor exposure.

Metrics also differ in their temporal logic. RMS averages the energy contribution and may dilute short peaks; VDV gives greater weight to intense events; event maxima characterize the potential of individual pass-bys to trigger arousal; and 8- or 24-hour integrated metrics characterize cumulative exposure. The choice of exposure descriptor should therefore match the outcome: an acute sleep event and daytime or 24-hour annoyance represent different research questions.

Measurement location is also critical. Values measured on the ground, foundation, floor slab, and at the point of human contact with the floor may differ. For epidemiological studies, the most

informative metric is one that most closely represents actual indoor exposure, but large cohorts often require a balance between measurement precision and population coverage.

Large population studies have sometimes used distance from the railway as a proxy for exposure [13]; however, this approach does not account for geology, rolling stock, track condition, or building transmission. More recent studies have used modelled individual exposure incorporating spatial, transport, and noise data [14]. Accordingly, no universal metric is optimal for all outcomes: daily or dose metrics are relevant to annoyance, while event maxima and cumulative nocturnal exposure are relevant to sleep; comparability is further limited by frequency weighting, vibration direction, and measurement location.

Annoyance and exposure–response relationships. Annoyance is the most extensively studied human-response outcome. In the Norwegian survey, annoyance increased systematically with $v_{w,95}$ [7]. NANR209 established exposure–response relationships, but a common curve for railway and construction vibration was not appropriate; response varied by source [9]. Sharp et al. showed that, at comparable physical exposure, freight vibration was more annoying than passenger vibration [10].

In NANR209, detailed analysis of 60 exposure descriptors showed that statistically significant relationships could be obtained for many metrics, but no universally «best» descriptor existed [9]. This is important for regulatory practice: the relevance of annoyance cannot be reduced to a single number without considering frequency weighting, source type, and the temporal structure of exposure.

Non-exposure factors also played an important role. In the UK sample, concern about damage to the dwelling and expectations of future increases in vibration were among the strongest modifiers; residential area type and age were also relevant [27]. In TVANE, ground-borne vibration increased the overall response to railway traffic [11]. Approximately 20% annoyance corresponded to about 59 dB of railway noise or 0.48 mm/s vibration, while approximately 40% corresponded to about 63 dB or 0.98 mm/s, respectively [12]. These are population-specific exposure–response estimates rather than universal regulatory thresholds.

TVANE also showed that, at the same railway noise level, overall response was greater in areas with strong ground-borne vibration; lower noise levels were required to produce a comparable level of annoyance. This finding supports the concept of

combined transportation exposure, in which noise and vibration cannot be treated mechanically as context-independent factors [11].

Differences between freight and passenger traffic are consistent with the fact that an integrated metric does not fully capture the temporal and spectral structure of an event. Longer pass-bys, larger numbers of wagons, night-time operation, different low-frequency content, and event repetition may alter subjective response even at similar aggregate exposure levels [10, 14, 15].

Contemporary findings are consistent with earlier evidence. In EpiVib, modelled vibration showed a dose–response association with annoyance after adjustment for socioeconomic factors; the association was stronger for freight traffic and was modified by noise [14]. In Malaysia, response also varied with train type and speed, distance, and operating time [15]. Overall, annoyance is determined by a combination of amplitude, frequency, event duration and frequency, source type, concurrent noise, housing characteristics, and individual and situational factors.

In addition to exposure magnitude, perceived controllability is important. Vibration in one's home may acquire greater significance when residents associate it with a risk of building damage or expect the situation to worsen [27]. Such non-exposure modifiers do not invalidate the physical exposure–response relationship; rather, they explain part of the interindividual variability around it.

Sleep and Acute Physiological Responses.

The evidence on sleep is smaller in volume but includes objective PSG/ECG outcomes. In an early experiment involving heavy road traffic, adding vibration to noise increased sleep disturbance; at higher exposure levels, REM sleep decreased and subjective sleep quality worsened [16].

In Arnberg et al., exposure included up to 150 events per night. With peak noise of 50 dB(A) combined with approximately 0.24 m/s² vertical and 0.17 m/s² horizontal vibration, sleep was more disturbed than under noise-only conditions; at approximately 0.34 and 0.24 m/s², respectively, REM sleep was additionally reduced and morning functional performance worsened [16]. Although these exposure levels and laboratory conditions cannot be directly extrapolated to contemporary populations, the study is important in showing that road-traffic vibration may also be relevant to sleep.

In CargoVibes, 12 young healthy participants spent six nights in the laboratory; increasing vibration amplitude was associated with poorer sleep

quality and changes in the acute cardiac response [17]. Among 24 volunteers, higher freight-train vibration amplitude (1.4 vs 0.7 mm/s) increased event-related arousals/awakenings and sleep-stage transitions, with the greatest fragmentation observed under the 36-event condition [19].

The subsequent polysomnographic study confirmed that the effect was not limited to subjective assessment: higher vibration exposure significantly increased arousals/awakenings ($p < 0.001$) and the frequency of sleep-stage changes ($p < 0.05$) [19]. Under the 36 high-vibration-event condition, wake time increased, continuous slow-wave sleep decreased, and final awakening occurred earlier. Sleep fragmentation is therefore among the most objectively supported consequences of environmental vibration.

Causal interpretation is strengthened by an experiment in which noise and vibration were separated: vibration alone at $a_{\text{Wd,max}} = 0.0204 \text{ m/s}^2$ increased the probability of cortical arousal/awakening and accelerated heart rate, while the effects of noise and vibration were largely additive [20]. A separate analysis of 24 participants aged 19–28 years showed a more pronounced heart-rate response at higher vibration exposure; 79% of participants had a mean heart-rate acceleration of at least 3 beats/min [18]. A pooled field/laboratory analysis also confirmed an exposure–response relationship for sleep disturbance (OR 3.51; 95% CI 2.60–4.73 per +1 log₁₀ RMS) [21].

In Croy et al., both an initial and a delayed acceleration in heart rate were observed following the onset of transportation events; the difference between high- and low-vibration conditions was statistically significant ($p = 0.006$), and in the high-vibration condition 79% of participants had a mean acceleration of at least 3 beats/min [18]. This finding demonstrates an acute autonomic response but is not, by itself, a surrogate for future cardiovascular morbidity.

In the pooled CargoVibes analysis, the field component included 233 participants, while the laboratory component included 59 participants and more than 350 person-nights. Differences in exposure–response slopes between laboratory and field settings were not statistically compelling, supporting the ecological relevance of the experimental findings [21].

Thus, the short-term causal relationship with sleep fragmentation and acute autonomic responses is better supported than any relationship with chronic disease. Small samples of young healthy volunteers and the predominance of freight-rail

exposure limit external validity, while the long-term clinical significance of repeated responses remains unknown [1].

At the same time, laboratory studies have clear limitations: small samples, predominantly young participants, short exposure periods, and artificial laboratory conditions. In real residential settings, people may be simultaneously exposed to noise, vibration, air pollution, and psychosocial stressors over many years. Large longitudinal cohorts with independent exposure modelling are therefore required to bridge acute mechanistic evidence and chronic public health risk.

Psychological, Cognitive, and Functional Outcomes. Psychological and cognitive outcomes have been studied far less extensively. A qualitative Swedish study described vibration as a factor affecting perceptions of the home through concerns about property, safety, and the possibility of recovery, but could not estimate frequency or causality [22]. Following the opening of the Hokuriku Shinkansen, adverse reactions and activity disturbances were more pronounced at higher vibration exposure, particularly in areas without a pre-existing conventional railway; however, overall residential satisfaction did not deteriorate substantially [23].

Qualitative evidence is important because it indicates a possible pathway from physical perception to broader psychosocial consequences. Residents living near railways described habituation, acceptance, concerns about property and safety, and reduced restorative function of the home [22]. These findings do not demonstrate disease, but they help explain why the same physical exposure may have different significance across individuals and residential contexts.

In 2026, Sadeghi et al. combined indoor metro noise/vibration measurements with the PHQ-9 scale. After adjustment, PHQ-9 scores decreased by $\beta = -0.326$ points per floor (95% CI -0.579 to -0.074), while maximum vibration level was positively associated with PHQ-9 score ($\beta = 0.171$ points per 1 VdB; 95% CI 0.026 – 0.316) [24]. However, the single-building setting, cross-sectional design, and strong covariance among noise, vibration, and floor level limit causal interpretation. In another study of 451 residents in 31 buildings, attention/concentration and sleep problems were most prominent; the authors reported stronger associations with vibration, but complaint-based selection introduces a risk of selection bias [25].

In the PHQ-9 study, both noise and vibration decreased with increasing floor level; therefore,

floor level, noise, and vibration formed a closely correlated spatial gradient. The association between noise and PHQ-9 was weaker and statistically uncertain ($\beta = 0.119$ points per 1 dB; 95% CI -0.016 to 0.254). This does not demonstrate an independently stronger effect of vibration because multicollinearity and residual confounding remain important concerns [24].

In the 31-building study, 13 buildings had no registered complaints, whereas 18 were selected on the basis of complaints about noise or vibration. Simultaneous field measurements and the standardized Adult Self-Report were strengths, but complaint-based sampling may inflate apparent associations. The two 2026 studies should therefore be regarded as hypothesis-generating rather than as confirmation of a causal effect of metro vibration on mental disorders [25].

It is therefore appropriate to describe emerging associations with self-reported psychological symptoms rather than established clinical mental disorders. Similarly, evidence on cognitive effects is based mainly on self-report rather than standardized neuropsychological testing. A controlled experiment published in 2026 confirmed that combined noise–vibration stimuli can increase discomfort and that response may partly depend on sociocultural context [26].

Gaps in the Evidence Base. The principal gap is the absence of an adequate prospective evidence base for clinically manifest chronic diseases. The 2023 systematic review identified no studies of manifest disease associated with railway vibration [1], and the updated evidence does not justify considering vibration an established independent risk factor for hypertension, ischemic heart disease, stroke, or clinically diagnosed mental disorders. Other major gaps include the dominance of railway studies; insufficient research on road, construction, and industrial vibration; limited representation of children, older adults, and medically vulnerable populations; geographic concentration of the evidence; non-standardized exposure metrics; inadequate separation of noise from vibration; and a scarcity of before-and-after studies of mitigation interventions.

By source, the clearest imbalance is between railway vibration and other types of exposure. Construction-vibration studies have focused mainly on annoyance and acceptability, including during light-rail construction [30], with far less evidence on sleep or physiology. Road traffic has early laboratory evidence [16] and a small number of more recent studies, but lacks a comparably developed

population evidence base. Industrial/community vibration has been studied even less.

Priorities for future research include prospective cohorts with individual-level assessment of both noise and vibration, objective sleep, cardiovascular, and cognitive outcomes, a standardized minimum exposure dataset (amplitude, spectrum, direction, event maxima, number and duration of events, day/night distribution, and building characteristics), and natural experiments conducted before and after commissioning transport infrastructure or implementing vibration-control measures.

Geographic representation is another important gap. Most of the evidence has been generated in Northern/Western Europe and Japan, whereas data from Central and Eastern Europe remain limited. This is important because differences in geology, housing construction, transport infrastructure, and operational characteristics may substantially alter indoor exposure at the same distance from a source.

Vulnerable populations require dedicated investigation. Young healthy volunteers in laboratory studies do not represent children, older adults, people with chronic diseases, or individuals with sleep disorders. Objective cognitive outcomes and clinical registry data are also largely absent. Mitigation interventions require natural experiments with baseline exposure and repeated assessment not only of the physical reduction in vibration but also of annoyance, sleep, and quality-of-life outcomes.

Regulatory Framework and Prevention. Unlike environmental noise, for which the WHO has issued health-based recommendations [32], no contemporary universal system of health-based guideline values exists for non-occupational environmental vibration. The current ISO 2631-2:2026 addresses comfort and annoyance among building

occupants over the 1–80 Hz range, uses W_m frequency weighting, and is not a standard for evaluating health/safety effects or structural damage [33]. General principles for whole-body vibration are provided in ISO 2631-1:1997 [34].

This distinction has practical implications: standards oriented toward comfort and annoyance should not be described as health-based limits, and structural criteria should not be used as a surrogate for public-health acceptability. People may perceive vibration and report sleep disturbance or annoyance at levels far below those associated with risk of structural damage [33, 39, 40].

The British standard BS 6472-1:2008 uses VDV and accounts for time of day [35]; NS 8176:2017 applies $v_{w,95}$ and vibration classes A–D to road/rail vibration in dwellings [36]; and DIN 4150-2:2025 addresses effects on people in buildings [37]. The FTA Manual applies a staged screening/general/detailed assessment approach and accounts for transport-event frequency; criteria of 72, 75, and 80 VdB are given for residential buildings for frequent, occasional, and infrequent events, respectively [38]. These human-response criteria must be distinguished from structural standards such as ISO 4866:2010 and DIN 4150-3:2016 [39, 40].

The FTA further classifies transport events by frequency as frequent (> 70 events/day), occasional (30–70 events/day), or infrequent (< 30 events/day). This approach reflects the fact that response depends not only on the maximum level of an individual event but also on repetition. These VdB criteria should not be mechanically converted to VDV or PPV because the metrics have different physical and temporal bases [38].

Prevention can be organized according to the hierarchy «source → propagation path → building/receptor → spatial planning». For rail systems, source-control measures include maintenance of

Table 2. Main regulatory approaches to environmental vibration

Document	Assessment target	Key approach	Practical relevance
ISO 2631-2:2026 [33]	Building occupants	1–80 Hz; W_m	Comfort/annoyance; not a health limit
BS 6472-1:2008 [35]	Building occupants	VDV; time of day	Dose-based human response
NS 8176:2017 [36]	Road/rail vibration in dwellings	$v_{w,95}$; classes A–D	Socio-vibrational classification
DIN 4150-2:2025 [37]	Building occupants	1–80 Hz	Current german approach
FTA Manual [38]	Transport projects	VdB; event frequency	Screening → detailed assessment + mitigation
ISO 4866 / DIN 4150-3 [39, 40]	Structures	Structural response/velocity	Do not substitute for human-response criteria

rail and wheel condition, resilient fasteners, ballast mats, floating slabs, and speed optimization; measures along the propagation path include trenches, subsurface barriers, and buffer distance; building-level measures include modification of stiffness, mass, foundations, and resonant characteristics. An engineering review of railway vibration problems confirms the broad need for mitigation and the diversity of metrics used [31]. From a public-health perspective, the preferred strategy is prevention by design: assessing potential exposure before approval of transport routes or residential development, followed by instrumental and, where feasible, population-response monitoring after commissioning.

For selected rail mitigation systems, the FTA reports indicative reductions of approximately 5–10 dB for resilient fasteners in the relevant higher-frequency range and 8–12 dB for ballast mats at frequencies above approximately 25–30 Hz; floating slab track may provide greater attenuation when the system resonance is appropriately designed. Effectiveness is frequency dependent and should not be transferred across sites without engineering analysis [38].

At the spatial-planning level, distance between the source and a sensitive receptor is important but does not by itself guarantee acceptable indoor vibration. Planning decisions should therefore combine screening, geotechnical modelling, building characteristics, and field validation. After a new transport facility is commissioned, post-project monitoring is desirable to verify not only modelled vibration levels but also actual resident response.

Evidence Synthesis. Overall, human response is determined by the interaction of exposure magnitude, frequency content, temporal structure, source type, concurrent noise, building characteristics, and individual and situational factors. The

strongest evidence concerns annoyance and sleep disturbance; evidence for psychological symptoms is still emerging, while evidence for clinically manifest chronic disease remains insufficient.

Main Findings and Annoyance. This review shows that environmental vibration is an established but methodologically heterogeneous field of research. The most consistent evidence concerns annoyance, followed by sleep disturbance; acute physiological effects are supported by a smaller but methodologically robust body of experimental evidence. Evidence on long-term mental, cardiovascular, and other clinical outcomes remains insufficient [1]. Moreover, much of the overall evidence derives from railway vibration, limiting direct extrapolation to road, construction, and industrial sources.

The most important integrative finding is the unevenness of the evidence chain. At the level of perception and annoyance, large population studies and exposure–response models are available; for sleep, there are fewer studies but stronger objective evidence; for acute physiology, several controlled experiments exist; evidence on mental-health symptoms is only emerging; and a major gap remains for chronic manifest disease. This distinction is essential for accurate communication of the level of certainty.

The consistency of exposure–annoyance associations across independent British, Norwegian, and Swedish programmes increases confidence that this is a genuine population-level outcome [7, 9, 10, 12]. However, annoyance is not a simple function of amplitude. Source type, event structure, noise, residential context, and residents’ attitudes have independent importance. In particular, concern about property damage and expectations of future vibration substantially modified response [27]. Annoyance should therefore be interpreted as an

Table 3. Summary evidence map

Outcome	State of evidence	Main limitation
Perception/annoyance	Most developed; exposure–response relationships available	Predominantly cross-sectional; source/context modifiers
Sleep disturbance	Moderately strong; psg + field data	Much evidence from freight rail; small laboratory samples
Cortical arousal/heart rate	Limited but objective acute effects	Long-term significance unknown
Activity/attention	Limited	Predominantly self-report
Depressive/other mental-health symptoms	Emerging, weak	Confounding, correlated noise, selection bias
Clinically manifest chronic diseases	Major evidence gap	Lack of adequate prospective cohorts

integrated human response to a physical and socio-contextual stressor, but not as a clinical disease.

This distinction has an important conceptual implication. Annoyance should not be dismissed as «merely a subjective complaint», because it reflects persistent disruption of comfort and the restorative function of the home. At the same time, it is not a clinical outcome and cannot be used as evidence of somatic or mental disease. This distinction allows public-health relevance to be acknowledged without overextending causal conclusions.

Combined Effects of Noise and Vibration. Transportation noise and vibration frequently arise from the same source, making their independent and combined effects difficult to separate in field studies. Early laboratory models showed that joint consideration of noise and vibration better explained overall response than either exposure alone [28]. TVANE, Japanese Shinkansen surveys, and EpiVib confirmed mutual modification of response at the population level [11, 12, 14, 29]. Transport infrastructure should therefore be evaluated as a combined exposure, and epidemiological models should simultaneously include noise, vibration, interaction terms, and source characteristics.

This issue is particularly important for psychological and long-term outcomes because railway and road noise already have an established evidence base for sleep disturbance and cardiovascular outcomes. If noise exposure is assessed imprecisely or omitted from the model, residual confounding may spuriously strengthen an apparent vibration effect. Future studies should examine independent effects, statistical interaction, non-linearity, and source-specific modifiers.

Sleep as the Most Convincing Health-Relevant Pathway. Unlike annoyance research, sleep studies include objective endpoints. The sequence «vibration event → cortical arousal/awakening → sleep fragmentation → acute autonomic response» is supported by PSG/ECG experiments [18–20]. Experimental separation of noise and vibration is particularly important: vibration alone elicited responses, making residual confounding by noise a less plausible explanation [20]. Pooled field/laboratory data provide additional exposure–response support [21].

This pattern is consistent with triangulation of evidence: field surveys show that the problem occurs in real communities; laboratory experiments demonstrate that the vibration component can independently trigger an acute response; and pooled analyses partly bridge these two levels [19–21]. However, triangulation does not replace long-term

observation when the outcome of interest is chronic disease.

A mechanistically plausible short-term pathway does not, however, establish progression to hypertension, ischemic heart disease, stroke, or other chronic pathology. This remains the critical missing link [1]. It is therefore appropriate to describe the evidence for acute sleep and physiological effects as causally persuasive, but not to infer an established risk of chronic disease.

Mental Health and Emerging Evidence. Since 2023, a new but still weak evidence domain has emerged for mental health. Studies published in 2026 combined direct metro-vibration measurements with PHQ-9 and Adult Self-Report assessments [24, 25]. They support possible associations with depressive symptoms, sleep problems, and attention/concentration difficulties; however, cross-sectional design, correlated noise exposure, limited study settings, and selection bias preclude causal or clinical etiological inference. These findings broaden the range of outcomes under investigation but do not change the overall conclusion that evidence for clinically diagnosed mental disorders remains insufficient.

Methodological and Regulatory Implications. Heterogeneity in RMS, VDV, $v_{w,95}$, VdB, PPV, event maxima, and modelled exposure is not merely a technical issue; it impedes meta-analysis and translation of epidemiological evidence into regulatory criteria. Waddington et al. did not identify a universally superior descriptor but demonstrated the importance of appropriate frequency weighting [9]. Standardization should therefore focus not on a single metric but on a minimum dataset comprising amplitude, spectrum, direction, event maxima, event number/duration, day/night distribution, cumulative exposure, and building characteristics.

For future guideline development, epidemiological comparability should precede the establishment of health-based thresholds. Without harmonized reporting, even a large number of new studies may remain difficult to pool. A minimum set of physical descriptors should ideally be supplemented by train/vehicle type, event rate, day/night distribution, building response, and simultaneous noise exposure.

Regulatory practice is also fragmented. ISO 2631-2:2026, BS 6472-1, NS 8176, DIN 4150-2, and FTA guidance use different metrics and target frameworks [33, 35–38]. It is particularly important not to conflate human-response criteria with structural-damage limits [39, 40]: a level that is safe for the structure may still be perceptible, annoying, or

sleep disturbing. For residential settings, nocturnal event maxima, event frequency, and cumulative exposure should be characterized separately.

Public Health Implications. Environmental vibration should be regarded as a health-relevant environmental stressor: the evidence for effects on annoyance and sleep is sufficiently convincing to justify preventive management of exposure even though chronic-disease risk has not been established. The residential setting is especially important because repeated nocturnal or uncontrollable events may impair recovery. Vulnerable populations — including children, older adults, and people with sleep disorders or chronic disease — remain understudied, supporting a precautionary approach to siting sensitive receptors near major vibration sources.

From a public health perspective, the home has a special status: the same physical vibration level may have different implications depending on room function and time of day. A bedroom at night, where repeated events may interrupt sleep, requires a different approach from an office during daytime. Unpredictability, audible rattling, perceived lack of control, and concern about property damage may further increase the relevance of exposure.

In practice, this supports a principle of proportionate prevention: the absence of established chronic-disease risk is not a reason to disregard substantial annoyance or sleep disturbance. At the same time, public-health communication should clearly distinguish established human-response effects, emerging associations, and unconfirmed clinical risks.

The most effective strategy is prevention by design: potential ground-borne vibration should be assessed during transport-infrastructure and residential planning, source/path/building mitigation should be applied where appropriate, and post-project monitoring should be conducted. However, a technical reduction in VdB, VDV, or PPV is not equivalent to a demonstrated public-health benefit; before-and-after intervention studies are needed with repeated assessment of exposure, annoyance, sleep, and other relevant outcomes.

Public-health evaluation of mitigation should therefore include two levels of effectiveness: engineering effectiveness (physical reduction in vibration level) and population effectiveness (reduction in annoyance, sleep disturbance, or other relevant outcomes). The latter remains insufficiently studied. Before-and-after designs with control areas or stepped implementation of mitigation could substantially strengthen the evidence base.

Strengths, Limitations, and Directions for Future Research. Strengths of this review include its broad public-health scope, distinction between Publication ID and Study/Cohort ID, integration of population, laboratory, exposure-methodology, and regulatory evidence, and literature coverage through August 2026. Major limitations include substantial heterogeneity, predominance of railway studies and cross-sectional designs, difficulty controlling for noise, uneven geographic representation, and a search restricted to PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science.

Methodological heterogeneity precluded a defensible meta-analysis across all sources and outcomes. In addition, searching the three major databases reduces but does not eliminate the possibility of missing specialized engineering or national literature. Regulatory documents are not epidemiological studies and were therefore analyzed as a separate policy/standards layer rather than as evidence of health effects.

The field requires harmonized terminology and reporting standards. A minimum exposure dataset should support data reuse and cross-study comparison; large cohorts should incorporate GIS/physical modelling, validation measurements, and building characteristics. This would facilitate future pooled analyses and, potentially, the development of health-relevant guideline values.

Priorities for future research include large prospective cohorts; individualized noise and vibration exposure assessment; objective sleep, cardiovascular, and cognitive outcomes; standardized reporting of exposure parameters; dedicated studies of children, older adults, and other vulnerable populations; more research on road, construction, and industrial vibration; and intervention studies linking engineering reductions in vibration to measurable changes in health and well-being.

An optimal prospective design should include repeated or modelled individual exposure, a separate nocturnal component, concomitant noise, socioeconomic and housing covariates, and linkage to clinical registries. Nested substudies could use actigraphy/PSG for sleep, ambulatory blood pressure and heart-rate variability for cardiovascular pathways, and standardized performance tests for cognition. Such multilevel cohorts could determine whether acute sleep/autonomic responses are truly intermediate steps toward long-term risk.

CONCLUSIONS

1. Environmental vibration is a health-relevant physical factor in residential environments, with

the strongest evidence linking it to annoyance and sleep disturbance; objective PSG/ECG evidence is available for sleep-related effects.

2. The most developed evidence base concerns railway vibration. Freight traffic is often associated with a stronger response than passenger traffic at comparable exposure levels; evidence on road, construction, and industrial vibration is substantially more limited.

3. Nocturnal vibration can independently trigger cortical arousal/awakening, sleep fragmentation, and acute changes in heart rate; however, these responses do not demonstrate the development of chronic cardiovascular disease.

4. Population response is determined not only by vibration amplitude but also by frequency content, direction, number and duration of events, time of day, source type, noise, building characteristics, and individual and situational factors.

5. Evidence on mental-health symptoms is recent and preliminary; because of cross-sectional designs, confounding, and correlated noise exposure, a causal relationship with clinically diagnosed mental disorders has not been established.

6. The key evidence gap concerns long-term clinical outcomes. Prospective cohorts with individualized noise/vibration exposure and objective clinical outcomes are required.

7. Regulatory systems are primarily oriented toward comfort/annoyance or structural safety. Human-response criteria should be clearly distinguished from building-damage limits, and prevention should be incorporated at the spatial and transport planning stage.

Overall, current evidence supports preventive reduction of substantial environmental vibration exposure in parallel with the development of standardized epidemiological studies needed to inform future health-based criteria.

REFERENCES

1. Seidler A, Schubert M, Mehrjerdian Y, Krapf K, Popp C, van Kamp I, *et al.* Health effects of railway-induced vibration combined with railway noise—a systematic review with exposure-effect curves. *Environ Res.* 2023;233:116480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116480>
2. Seidler A, Schubert M, Mehrjerdian Y, Krapf K, Popp C, van Kamp I, *et al.* Corrigendum to «Health effects of railway-induced vibration combined with railway noise—a systematic review with exposure-effect curves» [Environ Res. 233 (2023) 116480]. *Environ Res.* 2024;251(Pt 1):118658. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118658>
3. Peters MDJ, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, *et al.* Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evid Synth.* 2020;18(10):2119–26. doi: <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>
4. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, *et al.* PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467–73. doi: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
5. Rethlefsen ML, Kirtley S, Waffenschmidt S, Ayala AP, Moher D, Page MJ, *et al.* PRISMA-S: an extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. *Syst Rev.* 2021;10(1):39. doi: <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z>
6. Barker TH, Hasanoff S, Aromataris E, Stone JC, Leonardi-Bee J, Sears K, *et al.* The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for analytical cross-sectional studies. *JBI Evid Synth.* 2026;24(3):401–8. doi: <https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00523>
7. Klæboe R, Turunen-Rise IH, Hårvik L, Madshus C. Vibration in dwellings from road and rail traffic — Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models. *Appl Acoust.* 2003;64(1):89–109. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(02\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(02)00053-1)
8. Sica G, Peris E, Woodcock JS, Moorhouse AT, Waddington DC. Design of measurement methodology for the evaluation of human exposure to vibration in residential environments. *Sci Total Environ.* 2014;482–483:461–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.006>
9. Waddington DC, Woodcock J, Peris E, Condie J, Sica G, Moorhouse AT, *et al.* Human response to vibration in residential environments. *J Acoust Soc Am.* 2014;135(1):182–93. doi: <https://doi.org/10.1121/1.4836496>
10. Sharp C, Woodcock J, Sica G, Peris E, Moorhouse AT, Waddington DC. Exposure-response relationships for annoyance due to freight and passenger railway vibration exposure in residential environments. *J Acoust Soc Am.* 2014;135(1):205–12. doi: <https://doi.org/10.1121/1.4836115>
11. Gidlöf-Gunnarsson A, Ögren M, Jerson T, Öhrström E. Railway noise annoyance and the importance of number of trains, ground vibration, and building situational factors. *Noise Health.* 2012;14(59):190–201. doi: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.99895>
12. Ögren M, Gidlöf-Gunnarsson A, Smith M, Gustavsson S, Persson Wayne K. Comparison of annoyance from railway noise and railway vibration. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(7):805. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14070805>
13. MacLachlan L, Ögren M, van Kempen E, Hussain-Alkhateeb L, Persson Wayne K. Annoyance in response to vibrations from railways. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(9):1887. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph15091887>
14. Vincens N, van Kempen E, Ögren M, Persson Wayne K. Living close to railways: cross-sectional analysis of ground-borne vibrations and vibration annoyance. *Transp Res Part D Transp Environ.* 2024;136:104458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104458>

15. **Rafidah M, Mohd Lazi MKA, Padil KH, Hassan SA, Sulaiman N.** Assessing the impact of railway traffic types on human annoyance in residential area due to ground-borne vibrations. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2025;**32**(34):20714–36.
doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36841-2>
16. **Arnberg PW, Bennerhult O, Eberhardt JL.** Sleep disturbances caused by vibrations from heavy road traffic. *J Acoust Soc Am.* 1990;**88**(3):1486–93.
doi: <https://doi.org/10.1121/1.400305>
17. **Smith MG, Croy I, Ögren M, Persson Waye K.** On the influence of freight trains on humans: a laboratory investigation of the impact of nocturnal low frequency vibration and noise on sleep and heart rate. *PLoS One.* 2013;**8**(2):e55829.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055829>
18. **Croy I, Smith MG, Persson Waye K.** Effects of train noise and vibration on human heart rate during sleep: an experimental study. *BMJ Open.* 2013;**3**(5):e002655.
doi: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002655>
19. **Smith MG, Croy I, Hammar O, Persson Waye K.** Vibration from freight trains fragments sleep: a polysomnographic study. *Sci Rep.* 2016;**6**:24717.
doi: <https://doi.org/10.1038/srep24717>
20. **Smith MG, Croy I, Ögren M, Hammar O, Lindberg E, Persson Waye K.** Physiological effects of railway vibration and noise on sleep. *J Acoust Soc Am.* 2017;**141**(5):3262–9.
doi: <https://doi.org/10.1121/1.4983302>
21. **Persson Waye K, Smith MG, Hussain-Alkhateeb L, Koopman A, Ögren M, Peris E, et al.** Assessing the exposure-response relationship of sleep disturbance and vibration in field and laboratory settings. *Environ Pollut.* 2019;**245**:558–67.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.082>
22. **Maclachlan L, Persson Waye K, Pedersen E.** Exploring perception of vibrations from rail: an interview study. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;**14**(11):1303.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14111303>
23. **Moriyama T, Yokoshima S, Matsumoto Y.** Effects of noise and vibration due to the Hokuriku Shinkansen Railway on the living environment: a socio-acoustic survey one year after the opening. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;**18**(15):7794.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18157794>
24. **Sadeghi J, Nourollahi H, Sadeghi V.** Evaluation of conventional floor-to-floor prediction models for train-induced noise and vibration and their association with residents' depressive symptoms. *Noise Health.* 2026;**28**(131):511–22.
doi: https://doi.org/10.4103/nah.nah_20_26
25. **Sadeghi J, Nourollahi H, Sadeghi V.** Underground metro-induced noise versus vibration: a comparative assessment of impacts on people's mental health dimensions. *Sustain Cities Soc.* 2026;**145**:107473.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2026.107473>
26. **Nguyen Thanh Tung, Matsumoto Y, Yokoshima S, Morihara T, Hayashi K.** Indoor discomfort from ground transportation traffic vibration and noise—comparison between Vietnamese and Japanese young participants. *J Acoust Soc Am.* 2026;**159**(6):4832–42.
doi: <https://doi.org/10.1121/10.0043936>
27. **Peris E, Woodcock J, Sica G, Sharp C, Moorhouse AT, Waddington DC.** Effect of situational, attitudinal and demographic factors on railway vibration annoyance in residential areas. *J Acoust Soc Am.* 2014;**135**(1):194–204.
doi: <https://doi.org/10.1121/1.4836495>
28. **Howarth HVC, Griffin MJ.** The annoyance caused by simultaneous noise and vibration from railways. *J Acoust Soc Am.* 1991;**89**(5):2317–23.
doi: <https://doi.org/10.1121/1.400922>
29. **Yokoshima S, Morihara T, Sato T, Yano T.** Combined effects of high-speed railway noise and ground vibrations on annoyance. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;**14**(8):845.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080845>
30. **Wong-McSweeney D, Woodcock JS, Peris E, Waddington DC, Moorhouse AT, Redel-Macías MD.** Human annoyance, acceptability and concern as responses to vibration from the construction of Light Rapid Transit lines in residential environments. *Sci Total Environ.* 2016;**568**:1308–14.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.121>
31. **Connolly DP, Marecki GP, Kouroussis G, Thalassinakis I, Woodward PK.** The growth of railway ground vibration problems — a review. *Sci Total Environ.* 2016;**568**:1276–82.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.101>
32. World Health Organization. Regional Office for Europe. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2018. 160 p.
33. International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz) (ISO 2631-2:2026). 3rd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2026.
34. International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements (ISO 2631-1:1997). 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 1997.
35. British Standards Institution. Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings. Part 1: Vibration sources other than blasting (BS 6472-1:2008). London: British Standards Institution; 2008.
doi: <https://doi.org/10.3403/19971044>
36. Standards Norway. Vibration and shock — Measurement of vibration in buildings from land-based transport, vibration classification and guidance to evaluation of effects on human beings (NS 8176:2017). Oslo: Standards Norway; 2017.
37. Deutsches Institut für Normung. Vibrations in buildings — Part 2: Effects on persons in buildings (DIN 4150-2:2025-08). Berlin: DIN Media; 2025.
doi: <https://doi.org/10.31030/3613483>
38. **Quagliata A, Shumway MA, Boeker E, Roof C, Meister L, Singleton HL.** *Transit noise and vibration impact assessment manual.* Washington (DC): U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration; 2018. FTA Report No. 0123.
doi: <https://doi.org/10.21949/1503619>
39. International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock — Vibration of fixed

structures—Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures (ISO 4866:2010). 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2010.

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи «Розробка та вдосконалення методичних підходів до прогнозування акустичного стану та нормування вібрації житлового середовища», що фінансується Національною академією медичних наук України. Номер державної реєстрації 0120U105408.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Генеративний штучний інтелект (GPT-5.2, OpenAI, версія 5.2; використано 26 серпня 2026 року) застосовувався виключно для мовно-стилістичного вдосконалення розділу «Обговорення». Запити до системи обмежувалися проханнями щодо стилістичного редагування. Автори перевірили весь зміст рукопису та підтверджують його точність, оригінальність і відсутність плагіату.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ГАЛАК Станіслав: концептуалізація, курування даних, формальний аналіз, проведення дослідження, методологія, адміністрування проєкту, написання — підготовка первинного варіанта рукопису, написання — рецензування та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-7198>
e-mail: ssgalak@gmail.com

СЕМАШКО Петро: концептуалізація, курування даних, формальний аналіз, залучення фінансування, проведення дослідження, методологія, адміністрування проєкту, написання — рецензування та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3075-4245>
e-mail: pws240653@gmail.com

БЕЗВЕРХА Анна: курування даних, залучення фінансування, проведення дослідження, ресурсне забезпечення.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-2899>
e-mail: a.bezverkha@health.gov.ua

СЕРДІУК Євген: проведення дослідження, ресурсне забезпечення.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4947-6045>
e-mail: tugs.down@gmail.com

ГОЦ Олексій: проведення дослідження, ресурсне забезпечення.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6044-343X>
e-mail: alexei.gotz@imbioimpex.com.ua

Отримано: 28.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

40. Deutsches Institut für Normung. Vibrations in buildings — Part 3: Effects on structures (DIN 4150-3:2016-12). Berlin: DIN Media; 2016.
doi: <https://doi.org/10.31030/2579353>

FUNDING

This study was conducted within the research project «Development and Improvement of Methodological Approaches to Predicting the Acoustic Environment and Regulating Vibration in Residential Settings», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. State registration No. 0120U105408.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative AI (GPT-5.2, OpenAI, version 5.2, used on 26 August 2026) was used solely to improve the language of the Discussion section. Prompts were limited to requests for stylistic editing. The authors reviewed all content and confirm its accuracy, originality, and absence of plagiarism.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

HALAK Stanislav: conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project administration, writing — original draft, writing — review & editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-7198>
e-mail: ssgalak@gmail.com

SEMASHKO Petro: conceptualization, data curation, formal analysis, funding acquisition, investigation, methodology, project administration, writing — review & editing.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3075-4245>
e-mail: pws240653@gmail.com

BEZVERKHA Anna: data curation, funding acquisition, investigation, resources. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-2899>
e-mail: a.bezverkha@health.gov.ua

SERDIUK Yevhen: investigation, resources
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4947-6045>
e-mail: tugs.down@gmail.com

GOTS Oleksii: investigation, resources,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6044-343X>
e-mail: alexei.gotz@imbioimpex.com.ua

Received: 28.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОЇ ЕКСПОЗИЦІЇ ЯК СКЛАДОВА ПРОФІЛАКТИКИ РАКУ ШКІРИ

Ковтун Л.О.^{1,2}

¹ Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна

² Комунальне некомерційне підприємство «Одеський регіональний клінічний протипухлинний центр» Одеської обласної ради, м. Одеса, Україна

- **МЕТА.** Провести порівняльний аналіз сучасних цифрових і традиційних підходів до моніторингу ультрафіолетової (УФ) експозиції та оцінки ризику злоякісних новоутворень шкіри, визначити їх переваги, обмеження та перспективи застосування.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено наративний аналітичний огляд публікацій 2020–2026 рр. у базах PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science та Google Scholar, а також матеріалів WHO, IARC і GLOBOCAN. Дані узагальнено методом якісного порівняльного синтезу.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що традиційні та цифрові підходи виконують взаємодоповнювальні функції. УФ-індекс і моніторинг довкілля характеризують потенційну небезпеку на популяційному рівні, тоді як персональні УФ-сенсори забезпечують оцінку індивідуальної експозиції. mHealth-технології сприяють персоналізації профілактики та покращенню фотозахисної поведінки, а штучний інтелект і теледерматологія розширюють можливості стратифікації ризику, діагностичної підтримки та маршрутизації пацієнтів.
- **ВИСНОВКИ.** Цифрові технології доцільно використовувати як доповнення до традиційного УФ-моніторингу та дерматологічного спостереження. Їх подальше впровадження потребує стандартизації, клінічної валідації, захисту персональних даних та оцінки ефективності в реальних умовах.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *УФ-експозиція, моніторинг, УФ-сенсори, mHealth, штучний інтелект, теледерматологія, рак шкіри, громадське здоров'я.*

DIGITAL MONITORING OF ULTRAVIOLET EXPOSURE AS PART OF SKIN CANCER PREVENTION

Kovtun L.O.^{1,2}

¹ Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

² Municipal Non-Profit Enterprise «Odesa Regional Clinical Antitumor Center» of the Odesa Regional Council, Odesa, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To conduct a comparative analysis of contemporary digital and traditional approaches to monitoring ultraviolet (UV) exposure and assessing the risk of malignant skin neoplasms, and to identify their advantages, limitations, and prospects for application.
- **MATERIALS AND METHODS.** A narrative review of publications from 2020 to 2026 indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar was conducted. Official materials from the World Health Organization (WHO), International Agency for Research on Cancer (IARC), and Global Cancer Observatory (GLOBOCAN) were also analyzed. The findings were summarized using a qualitative comparative synthesis.
- **RESULTS.** Traditional and digital approaches were found to have complementary roles. The UV Index and environmental UV monitoring characterize potential UV hazards at the population level, whereas personal UV sensors enable the assessment of individual UV exposure. mHealth technologies facilitate personalized prevention and improvements in sun-protective behavior, while artificial intelligence and teledermatology expand opportunities for risk stratification, diagnostic decision support, and patient triage.
- **CONCLUSIONS.** Digital technologies should be considered complementary to traditional UV monitoring and dermatological surveillance rather than as replacements for these approaches. Their further implementation requires standardization, clinical validation, protection of personal data, and evaluation of their effectiveness in real-world settings.
- **KEYWORDS:** *UV exposure, monitoring, UV sensors, mHealth, artificial intelligence, teledermatology, skin cancer, public health.*

ВСТУП

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання є одним із провідних модифікованих канцерогенних факторів довкілля. Незважаючи на його фізіологічну роль, зокрема участь у синтезі вітаміну D, надмірна або тривала УФ-експозиція асоціюється з фотостарінням, імуносупресією та розвитком злоякісних новоутворень шкіри. Відповідно до класифікації Міжнародного

агентства з вивчення раку (International Agency for Research on Cancer, IARC), сонячне УФ-випромінювання належить до канцерогенів I групи та має доведений причинно-наслідковий зв'язок із розвитком меланоми, базальноклітинної та плоскоклітинної карциноми шкіри [1].

Глобальний тягар УФ-асоційованих злоякісних новоутворень шкіри залишається значним. За оцінками Всесвітньої організації охо-

рони здоров'я (ВООЗ), у 2020 році надмірна УФ-експозиція була пов'язана приблизно з 1,2 млн нових випадків немеланомного раку шкіри та 325 тис. випадків меланоми, а також із 64 тис. передчасних смертей від немеланомних злоякісних новоутворень шкіри та 57 тис. смертей від меланоми. Характер експозиції має самостійне значення для формування канцерогенного ризику: кумулятивне сонячне опромінення відіграє особливу роль у розвитку плоскоклітинної карциноми, тоді як інтенсивна інтермітуюча експозиція та сонячні опіки є важливими факторами ризику меланоми [1, 2].

За даними GLOBOCAN 2022, у світі було зареєстровано близько 331,7 тис. нових випадків меланоми шкіри та 58,7 тис. смертей від цього захворювання. Показники захворюваності характеризуються значною географічною неоднорідністю: стандартизований за віком показник становив 29,8 на 100 тис. населення в Океанії, 16,3 — у Північній Америці та 10,4 — у Європі порівняно з глобальним показником 3,2 на 100 тис. населення. В Австралії цей показник досягав 37,0 на 100 тис. населення [3].

Атрибутивний внесок УФ-випромінювання у формування цього тягаря є суттєвим: за оцінками IARC, понад 80% випадків меланоми шкіри, зареєстрованих у світі у 2022 році, були пов'язані з впливом УФ-випромінювання — приблизно 267 тис. із 332 тис. нових випадків. Прогностичні моделі свідчать, що за умови збереження сучасних тенденцій кількість нових випадків меланоми у світі до 2040 року може зрости більш ніж на 50% порівняно з 2020 роком. Зростання тягаря злоякісних новоутворень шкіри спостерігається також серед населення старших вікових груп, що посилює актуальність удосконалення стратегій первинної та вторинної профілактики [4–6].

Проблема залишається актуальною і для України. За оприлюдненими даними щодо онкологічної захворюваності, у 2022–2023 роках в Україні було зареєстровано 5051 випадок меланоми, а станом на 2023 рік на обліку перебували 31 217 пацієнтів із цим захворюванням. Наведені показники обґрунтовують необхідність удосконалення профілактичних заходів, спрямованих на контроль модифікованих факторів ризику та своєчасне виявлення злоякісних новоутворень шкіри [7].

Індивідуальна УФ-експозиція формується під впливом комплексу природних, професійних і поведінкових факторів, серед яких географічна широта, сезон, час доби, атмосферні

умови, відбивна здатність поверхонь, тривалість перебування просто неба, характер професійної діяльності та фотозахисна поведінка. Особливе значення має професійна експозиція серед працівників, які значну частину робочого часу проводять просто неба, зокрема моряків, будівельників, працівників сільського господарства, дорожніх служб і рятувальників, для яких характерне тривале кумулятивне сонячне навантаження [8].

Оцінка сучасного УФ-навантаження потребує також урахування змін кліматичної системи. Рівень сонячного УФ-випромінювання, що досягає поверхні Землі, визначається висотою Сонця над горизонтом, географічною широтою, висотою над рівнем моря, станом стратосферного озонового шару, хмарністю, атмосферними аерозолями та відбивною здатністю поверхні. Вплив кліматичних змін на УФ-експозицію не є односпрямованим і може реалізовуватися через зміни атмосферних параметрів, а також опосередковано — через зміну температурного режиму, тривалості теплого сезону та характеру професійної й рекреаційної активності населення просто неба [9].

Традиційні підходи до оцінки УФ-навантаження ґрунтуються переважно на УФ-індексі, наземному або супутниковому моніторингу, метеорологічних показниках та самооцінці сонячної експозиції. УФ-індекс є стандартизованим інструментом оцінки потенційної небезпеки сонячного УФ-випромінювання на популярному рівні, проте не відображає фактичну дозу, отриману конкретною людиною. Самооцінка експозиції також має методологічні обмеження, пов'язані з похибками пам'яті та неточністю визначення тривалості й інтенсивності перебування на сонці [10].

Розвиток цифрових технологій розширив можливості оцінки УФ-експозиції та профілактики злоякісних новоутворень шкіри. Носимі УФ-сенсори забезпечують безпосередню реєстрацію персональної експозиції та її накопичення в часі, тоді як мобільні та mHealth-технології дозволяють інтегрувати ці дані з індивідуальними факторами ризику та використовувати їх для підтримки фотозахисної поведінки. Алгоритми штучного інтелекту застосовуються для аналізу цифрових зображень шкіри, стратифікації ризику та підтримки діагностичних рішень, а цифрова дерматоскопія й теледерматологія розширюють можливості дистанційної оцінки підозрілих новоутворень і маршрутизації пацієнтів [10–13].

Водночас збільшення обсягу персоналізованих даних і технологічних можливостей не є достатнім доказом покращення клінічних результатів. Для різних цифрових технологій доказова база характеризується неоднорідністю дизайнів досліджень, кінцевих точок і методів валідації. Підвищення точності вимірювання персональної УФ-експозиції не можна безпосередньо ототожнювати зі зниженням ризику раку шкіри, а висока діагностична ефективність алгоритмів штучного інтелекту не усуває необхідності зовнішньої валідації та клінічного контролю. Отже, актуальним залишається не лише опис цифрових технологій, а їх критичне порівняння з традиційними підходами за показниками точності, доказової ефективності, рівня персоналізації, обмежень і сфери практичного застосування.

Мета дослідження — провести порівняльний аналіз сучасних цифрових і традиційних підходів до моніторингу ультрафіолетової експозиції та оцінки ризику злоякісних новоутворень шкіри, узагальнити дані щодо їх точності та профілактичної ефективності, визначити переваги, обмеження і перспективні сфери застосування цифрових технологій у системі громадського здоров'я.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження виконано у форматі наративного аналітичного огляду літератури з порівняльним синтезом наукових даних щодо традиційних і цифрових підходів до моніторингу ультрафіолетової (УФ) експозиції, профілактики та оцінки ризику злоякісних новоутворень шкіри.

Пошук наукових публікацій проводили в електронних базах даних PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Додатково аналізували офіційні матеріали World Health Organization (WHO), International Agency for Research on Cancer (IARC) та Global Cancer Observatory (GLOBOCAN), що містили актуальні епідеміологічні дані, відомості щодо УФ-експозиції та міжнародні рекомендації з профілактики УФ-асоційованих захворювань. Основний часовий інтервал пошуку охоплював публікації 2021–2026 рр.

Пошукову стратегію формували з використанням ключових слів та їх логічних комбінацій: «ultraviolet radiation», «UV exposure», «UV monitoring», «UV index», «personal UV exposure», «UV dosimetry», «wearable UV sensor», «wearable UV dosimeter», «digital health», «mHealth», «mo-

bile health», «artificial intelligence», «machine learning», «teledermatology», «teledermoscopy», «skin cancer prevention», «melanoma», «non-melanoma skin cancer», «skin cancer risk», «public health». Для пошуку досліджень, у яких оцінювали ефективність і точність відповідних технологій, додатково застосовували терміни «accuracy», «sensitivity», «specificity», «AUC», «validation», «measurement error», «adherence», «behavioral outcomes» та «clinical outcomes».

До огляду включали систематичні огляди та метааналізи, рандомізовані контрольовані дослідження, проспективні й ретроспективні когортні дослідження, дослідження діагностичної точності та валідації, популяційні дослідження, а також релевантні нарративні огляди, присвячені моніторингу сонячної УФ-експозиції, персональній УФ-дозиметрії, носимим УФ-сенсорам, мобільним і mHealth-технологіям, алгоритмам штучного інтелекту, цифровій дерматоскопії та теледерматології в контексті профілактики, оцінки ризику та раннього виявлення злоякісних новоутворень шкіри. Додатково включали офіційні документи міжнародних організацій, що містили релевантні епідеміологічні, нормативні та методичні дані.

Не включали публікації, що не відповідали меті огляду; роботи, у яких цифрові технології не були пов'язані з УФ-експозицією, профілактикою або оцінкою ризику злоякісних новоутворень шкіри; дублікати; матеріали без достатнього опису методології або оцінюваних кінцевих точок; рекламні та неакадемічні матеріали, а також джерела, для яких неможливо було встановити походження первинних даних.

Під час аналізу включених публікацій оцінювали дизайн дослідження, характеристики досліджуваної популяції, тип традиційної або цифрової технології, метод порівняння, основні кінцеві точки та кількісні показники результативності. Для досліджень персональної УФ-дозиметрії враховували точність вимірювання, відтворюваність, валідність і похибку вимірювання; для цифрових профілактичних втручань — прихильність до їх використання та зміни фотозахисної поведінки; для алгоритмів штучного інтелекту — чутливість, специфічність, діагностичну точність, площу під ROC-кривою (AUC) та наявність зовнішньої валідації. Для інтервенційних досліджень додатково враховували розмір ефекту, статистичну значущість та довірчі інтервали за їх наявності.

Порівняльний аналіз проводили відповідно до характеру оцінюваних кінцевих точок. Для

персональних цифрових технологій компараторами слугували УФ-індекс, наземний і супутниковий моніторинг УФ-випромінювання та самооцінка сонячної експозиції; для технологій оцінки шкірних новоутворень — стандартна клінічна та/або дерматоскопічна оцінка лікарем. Порівнювали лише методи, що характеризували зіставні кінцеві точки.

Критичну оцінку доказів здійснювали з урахуванням дизайну дослідження, характеристик і обсягу вибірки, наявності групи порівняння, характеру кінцевих точок, способу валідації технології та можливості екстраполяції результатів на реальні клінічні або популяційні умови. При формуванні висновків пріоритет надавали систематичним оглядам і метааналізам, рандомізованим контрольованим дослідженням, проспективним дослідженням та дослідженням діагностичної точності із зовнішньою валідацією. Результати пілотних, технічних та proof-of-concept досліджень розглядали як попередні та не екстраполювали на довгострокові клінічні результати без відповідного підтвердження.

Методологічну якість підготовки наративного огляду забезпечували відповідно до принципів SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles), зокрема шляхом чіткого формулювання мети, опису інформаційних джерел і пошукової стратегії, обґрунтованого відбору доказів, критичного аналізу літератури та підтвердження ключових положень відповідними джерелами [14].

З огляду на гетерогенність включених досліджень за дизайном, характеристиками популяцій, типами цифрових технологій, компараторами та кінцевими точками власний метааналіз не проводили. Результати узагальнювали методом якісного порівняльного синтезу за основними напрямками: традиційний моніторинг УФ-випромінювання, персональна УФ-дозиметрія та носимі УФ-сенсори, mHealth і мобільні втручання, алгоритми штучного інтелекту, цифрова дерматоскопія та теледерматологія. Для кожного напрямку аналізували доказову ефективність, переваги, обмеження, рівень персоналізації та потенційні сфери застосування на індивідуальному, клінічному й популяційному рівнях.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Wearable UV sensors: сучасні технології персоналізованого моніторингу ультрафіолетової експозиції. Носимі сенсори ультрафіоле-

тового випромінювання (wearable UV sensors) є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку цифрової медицини та персоналізованої профілактики раку шкіри. Їх головною перевагою є можливість безперервного вимірювання індивідуальної ультрафіолетової експозиції в реальному часі, що забезпечує більш об'єктивну оцінку УФ-навантаження порівняно з традиційними методами, заснованими на ультрафіолетовому індексі або самооцінці тривалості перебування на сонці [10, 15].

Сучасні wearable UV sensors представлені електронними та фотохромними пристроями, які можуть інтегруватися у браслети, смарт-годинники, бейджі, захисний одяг, каски, окуляри, медичні пластирі та інші засоби індивідуального користування [16]. Електронні сенсори використовують фотодіоди або напівпровідникові елементи для кількісного визначення інтенсивності UVA- та UVB-випромінювання, тоді як фотохромні сенсори функціонують на основі зміни кольору спеціальних полімерних матеріалів під впливом ультрафіолетового випромінювання, забезпечуючи швидку візуальну оцінку рівня експозиції [10].

Останніми роками активно розробляються гнучкі біосумісні сенсори на основі органічної електроніки, графену, наноматеріалів та еластичних полімерів, які можуть безпосередньо фіксуватися на поверхні шкіри або інтегруватися в текстильні матеріали. Такі пристрої характеризуються малою товщиною, високою механічною стійкістю, низьким енергоспоживанням і можливістю тривалого автономного використання без істотного впливу на повсякденну активність користувача [17].

Важливою технологічною особливістю сучасних УФ-сенсорів є можливість бездротової передачі інформації за допомогою Bluetooth Low Energy або Near Field Communication (NFC). Це забезпечує синхронізацію отриманих даних із мобільними застосунками, електронними медичними системами та іншими цифровими платформами, створюючи основу для подальшого аналізу індивідуальної ультрафіолетової експозиції [18].

Практичне значення wearable UV sensors найбільшою мірою проявляється серед осіб із високим ризиком розвитку злоякісних новоутворень шкіри, насамперед працівників, діяльність яких пов'язана з тривалим перебуванням просто неба. Використання носимих сенсорів дозволяє об'єктивно оцінювати накопичену ультрафіолетову експозицію протягом робо-

чої зміни, що створює передумови для оптимізації фотозахисних заходів та впровадження сучасних програм професійної профілактики [8, 19].

Незважаючи на стрімкий розвиток технологій, широке впровадження wearable UV sensors у практику громадського здоров'я потребує стандартизації методів вимірювання, клінічної валідації отриманих даних, уніфікації технічних характеристик пристроїв та оцінки їх клінічної й економічної ефективності.

Мобільні застосунки як інструмент персоналізованої профілактики ультрафіолетової експозиції. Мобільні застосунки (mobile health, mHealth) є ключовим компонентом сучасних систем цифрового моніторингу ультрафіолетової експозиції, забезпечуючи інтеграцію, аналіз і візуалізацію даних, отриманих із різних джерел. На відміну від носимих УФ-сенсорів, які здійснюють безпосереднє вимірювання ультрафіолетового випромінювання, мобільні застосунки виконують функції обробки інформації, оцінки індивідуального ризику та підтримки прийняття профілактичних рішень [20].

Основою роботи більшості сучасних застосунків є інтеграція персональних даних користувача з інформацією про фактори довкілля. Під час первинного налаштування враховуються фототип шкіри за Фіцпатріком, вік, стать, професійна діяльність, анамнез сонячних опіків, кількість меланоцитарних невусів, сімейний анамнез злоякісних новоутворень шкіри та інші фактори ризику. Одночасно застосунок автоматично отримує дані про поточний ультрафіолетовий індекс, географічне розташування, погодні умови та тривалість перебування користувача на відкритому повітрі [11, 21].

За наявності wearable UV sensors мобільний застосунок синхронізує інформацію про фактичну індивідуальну УФ-експозицію, поєднуючи її з даними про умови навколишнього середовища та індивідуальні характеристики користувача. Це дає змогу накопичувати інформацію про добову, тижневу та місячну ультрафіолетову експозицію, аналізувати її динаміку, візуалізувати результати у вигляді графіків і визначати тенденції зміни індивідуального ультрафіолетового навантаження [15].

Важливою функцією мобільних застосунків є трансформація отриманих даних у практичні профілактичні рекомендації. На підставі комплексного аналізу застосунків автоматично повідомляє користувача про підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, орієнтов-

ний безпечний час перебування на сонці, необхідність повторного нанесення сонцезахисного засобу, використання захисного одягу або обмеження перебування на відкритому повітрі. Такий підхід сприяє формуванню фотозахисної поведінки та підвищує прихильність до профілактичних заходів [11].

Крім моніторингу ультрафіолетової експозиції, сучасні мобільні застосунки підтримують регулярне самообстеження шкіри. Вони містять нагадування про проведення огляду, алгоритми оцінки пігментних утворень за критеріями ABCDE, можливість фотодокументування новоутворень та порівняння зображень у динаміці [22]. Інтеграція з теледерматологічними платформами забезпечує дистанційну передачу клінічних або дерматоскопічних зображень лікарю, що сприяє своєчасному виявленню підозрілих змін і оптимізації маршрутизації пацієнтів [23]. У системі громадського здоров'я мобільні застосунки мають важливе значення як джерело стандартизованих цифрових даних про індивідуальну ультрафіолетову експозицію та фотозахисну поведінку населення [24]. За умови анонімізації інформації вони можуть використовуватися для епідеміологічного моніторингу, оцінки ефективності профілактичних програм і планування заходів щодо зниження ризику розвитку злоякісних новоутворень шкіри.

Водночас ефективність мобільних застосунків залежить від достовірності вхідних даних, клінічної валідації алгоритмів, рівня цифрової грамотності користувачів, дотримання вимог щодо захисту персональних даних та інтеграції з національними електронними системами охорони здоров'я [25].

Штучний інтелект у стратифікації ризику та діагностичній підтримці злоякісних новоутворень шкіри. Штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI) є одним із ключових інструментів сучасної цифрової медицини, що може використовуватися для стратифікації індивідуального ризику та підтримки діагностичних рішень щодо злоякісних новоутворень шкіри [26, 27].

На відміну від традиційних статистичних моделей, алгоритми машинного навчання (Machine Learning, ML) та глибокого навчання (Deep Learning, DL) здатні одночасно аналізувати велику кількість взаємопов'язаних факторів ризику, виявляти приховані закономірності та динамічно оновлювати прогностичні моделі [28].

Основою прогнозування є інтеграція інформації, отриманої від різних цифрових джерел. Алгоритми аналізують індивідуальну ультрафіолетову експозицію, зареєстровану wearable UV sensors, дані мобільних застосунків про поведінку користувача, фототип шкіри, вік, стать, професійну діяльність, анамнез сонячних опіків, кількість меланоцитарних невусів, сімейний анамнез злоякісних новоутворень шкіри, результати цифрової дерматоскопії, а також показники навколишнього середовища, зокрема ультрафіолетовий індекс, географічне розташування та погодні умови [29].

На основі комплексного аналізу цих параметрів алгоритми формують індивідуальний профіль ризику, визначають ймовірність накопичення канцерогенної дози ультрафіолетового випромінювання та прогнозують потребу в проведенні профілактичних заходів [27]. На відміну від статичних моделей оцінки ризику, сучасні AI-системи постійно оновлюють результати прогнозування відповідно до змін ультрафіолетової експозиції, поведінки користувача та факторів довкілля, забезпечуючи динамічне управління ризиком.

Практичне значення штучного інтелекту полягає у підтримці прийняття клінічних і профілактичних рішень [13, 30]. На основі прогнозованого рівня ризику система може автоматично рекомендувати оптимальний режим фотозахисту, визначати доцільність проведення дерматоскопічного обстеження, рекомендувати консультацію лікаря-дерматолога або збільшення частоти динамічного спостереження [26]. Такий підхід дозволяє персоналізувати профілактичні заходи відповідно до індивідуальних особливостей кожної людини.

У системі громадського здоров'я алгоритми штучного інтелекту можуть використовуватися для аналізу популяційних даних, прогнозування територіального ризику розвитку злоякісних новоутворень шкіри та оцінки ефективності профілактичних програм. Поєднання інформації про ультрафіолетову експозицію населення, кліматичні фактори, професійну структуру регіону та показники захворюваності створює можливість визначення груп підвищеного ризику, оптимізації програм дерматоскопічного скринінгу та більш раціонального розподілу ресурсів системи охорони здоров'я [27].

Разом із значними перспективами широке впровадження штучного інтелекту потребує клінічної валідації прогностичних моделей, стандартизації алгоритмів, забезпечення ре-

презентативності навчальних вибірок, прозорості процесу прийняття рішень та надійного захисту персональних медичних даних [31, 32].

Подальший розвиток AI-технологій пов'язують зі створенням інтегрованих цифрових платформ, які поєднуюватимуть інформацію про індивідуальну ультрафіолетову експозицію, клінічні характеристики пацієнта, цифрову дерматоскопію та електронні медичні записи, забезпечуючи перехід до проактивної, ризикорієнтованої моделі профілактики злоякісних новоутворень шкіри.

Теледерматологія як інструмент використання результатів цифрового моніторингу в клінічній практиці та громадському здоров'ї. Теледерматологія є завершальним етапом сучасної цифрової моделі профілактики злоякісних новоутворень шкіри, забезпечуючи практичне використання результатів моніторингу ультрафіолетової експозиції, цифрової дерматоскопії та алгоритмів прогнозування ризику [12, 33]. На відміну від інших цифрових технологій, її основною функцією є дистанційна клінічна оцінка отриманої інформації, прийняття лікарських рішень і визначення подальшої тактики ведення пацієнта.

Сучасні теледерматологічні платформи забезпечують передачу клінічних фотографій, цифрових дерматоскопічних зображень та іншої медичної інформації за моделями store-and-forward, синхронних відеоконсультацій або гібридного консультування [34]. Це дозволяє лікарю оцінити морфологічні особливості новоутворення, порівняти його зі збереженими зображеннями у динаміці та визначити необхідність додаткового обстеження або направлення до спеціалізованого закладу [12].

Особливу цінність теледерматологія має за умови інтеграції з іншими цифровими технологіями [35]. Поряд із клінічними та дерматоскопічними зображеннями лікар отримує інформацію про індивідуальну ультрафіолетову експозицію, накопичену дозу опромінення, фототип шкіри, професійну діяльність, результати оцінки ризику, сформовані алгоритмами штучного інтелекту, а також дані про дотримання рекомендацій щодо фотозахисту [36]. Комплексний аналіз цих показників дозволяє об'єктивніше оцінити індивідуальний ризик, визначити оптимальну частоту контрольних оглядів та сформувати персоналізований план профілактичного спостереження [33].

У клінічній практиці теледерматологія сприяє ранньому виявленню злоякісних ново-

утворень шкіри, скороченню часу від появи підозрілих змін до консультації спеціаліста та оптимізації маршрутизації пацієнтів. Особливе значення вона має для осіб із підвищеним ризиком розвитку раку шкіри, зокрема працівників, діяльність яких пов'язана з тривалою професійною ультрафіолетовою експозицією, пацієнтів із численними меланоцитарними невусами, обтяженим сімейним анамнезом або перенесеними злоякісними новоутвореннями шкіри [12].

У системі громадського здоров'я теледерматологія створює можливості для масштабування програм раннього виявлення раку шкіри, забезпечує доступність спеціалізованої допомоги незалежно від місця проживання пацієнта та сприяє більш ефективному використанню кадрових і матеріально-технічних ресурсів [33]. Інтеграція теледерматологічних сервісів з електронними медичними записами дозволяє накопичувати стандартизовані клінічні дані, здійснювати епідеміологічний моніторинг, оцінювати ефективність профілактичних програм та підтримувати прийняття управлінських рішень у сфері громадського здоров'я [31].

Водночас ефективність теледерматології залежить від якості цифрових зображень, стандартизації протоколів обстеження, технічної сумісності інформаційних систем, забезпечення інформаційної безпеки та дотримання вимог щодо захисту персональних медичних даних [32]. Подальший розвиток цього напрямку пов'язують зі створенням єдиних цифрових платформ, які поєднуюватимуть результати моніторингу ультрафіолетової експозиції, цифрової дерматоскопії, алгоритмів штучного інтелекту та електронних медичних записів, забезпечуючи безперервний профілактичний супровід пацієнтів і підвищуючи ефективність програм профілактики злоякісних новоутворень шкіри [35].

Порівняльна ефективність традиційних і цифрових підходів до оцінки УФ-експозиції та ризику раку шкіри. Традиційний моніторинг сонячного ультрафіолетового випромінювання переважно ґрунтується на визначенні УФ-індексу та інших параметрів навколишнього середовища. УФ-індекс має важливе популяційне значення, оскільки стандартизовано характеризує потенційну небезпеку еритемної УФ-радіації у визначеному місці й часі та є основою для формування рекомендацій щодо фотозахисту [2]. Водночас його використання

як індивідуального показника експозиції має принципові обмеження: УФ-індекс характеризує зовнішнє середовище, але не визначає фактичну дозу випромінювання, отриману конкретною людиною [10]. Персональна УФ-доза залежить від тривалості перебування просто неба, положення тіла, локалізації сенсора або відкритої ділянки шкіри, використання одягу, головних уборів, перебування в тіні, застосування сонцезахисних засобів, професійної активності та поведінкових факторів. Тому однаковий рівень зовнішнього ультрафіолетового випромінювання не обов'язково відповідає однаковій індивідуальній експозиції до УФ-випромінювання [10].

Самооцінка перебування на сонці додатково характеризується ризиком похибки пам'яті та неточністю оцінки тривалості й інтенсивності експозиції [10].

Персональні УФ-дозиметри та wearable UV sensors частково усувають цю невідповідність, оскільки реєструють випромінювання безпосередньо в зоні перебування користувача протягом визначеного часу. Їх принципова перевага над УФ-індексом полягає, таким чином, не в заміні стандартизованого моніторингу довкілля, а у переході від характеристики потенційної територіальної небезпеки до оцінки персональної експозиції [10].

Інтеграція результатів персональної дозиметрії з даними про фототип, анамнез сонячних опіків, професійну експозицію, кількість невусів та інші фактори ризику створює передумови для більш диференційованої стратифікації ризику [10].

Окремий рівень доказовості стосується цифрових профілактичних втручань. У рандомізованому контрольованому дослідженні за участю 1369 молодих дорослих дві активні цифрові програми профілактики раку шкіри забезпечили статистично значуще покращення загальної фотозахисної поведінки порівняно з електронним інформаційним буклетом [11].

Розмір ефекту становив Cohen's $d = 0,209$ для базової та $d = 0,376$ для розширеної цифрової програми; розширена програма також перевищувала базову за показником фотозахисту ($d = 0,149$). Водночас відмінності щодо фактичної УФ-експозиції не досягли статистичної значущості [11].

Ці результати свідчать, що доказова перевага цифрових втручань на сучасному етапі найбільш переконливо продемонстрована щодо модифікації профілактичної поведінки, а не

безпосереднього зниження захворюваності на рак шкіри [11].

Інший рівень цифровізації пов'язаний із застосуванням штучного інтелекту для аналізу шкірних новоутворень. За результатами систематичного огляду та метааналізу, що включав 53 дослідження, з яких 19 увійшли до кількісного синтезу, алгоритми штучного інтелекту продемонстрували сумарну чутливість 87,0% і специфічність 77,1% при діагностиці раку шкіри, тоді як для клініцистів загалом відповідні показники становили 79,8% та 73,6%.

Порівняно з лікарями загальної практики відмінності були більш вираженими: чутливість і специфічність AI становили 92,5% та 66,5% відповідно, тоді як у лікарів загальної практики — 64,6% та 72,8%. Порівняно з експертами-дерматологами різниця була менш вираженою: чутливість/специфічність AI становили 86,3/78,4%, а експертів — 84,2/74,4% [37].

Таким чином, найбільш обґрунтованою моделлю клінічного застосування AI є не автономна заміна лікаря, а підтримка прийняття клінічних рішень. Автори метааналізу також наголошують на необхідності подальших досліджень у реальних клінічних умовах та оцінки моделей AI-assisted diagnosis [37].

Наявні дані водночас не дозволяють стверджувати, що використання персональних УФ-сенсорів, мобільних застосунків або алгоритмів штучного інтелекту саме по собі вже доведе-

но знижує довгострокову захворюваність або смертність від раку шкіри порівняно з традиційним моніторингом УФ-індексу [10, 11, 37].

Узагальнені порівняльні характеристики традиційних і цифрових підходів до оцінки УФ-експозиції, модифікації профілактичної поведінки та підтримки оцінки ризику злоякісних новоутворень шкіри наведено в *табл. 1*.

Наведене порівняння демонструє, що цифрові технології не є прямою альтернативою традиційному моніторингу УФ-випромінювання, оскільки окремі методи характеризують різні рівні профілактичного та клінічного процесу. УФ-індекс і метеорологічний або супутниковий моніторинг забезпечують оцінку потенційної небезпеки на популяційному рівні, персональні УФ-сенсори — індивідуальної експозиції, mHealth-технології — поведінкових і профілактичних параметрів, тоді як алгоритми штучного інтелекту та теледерматологія орієнтовані переважно на стратифікацію ризику, підтримку діагностичних рішень і маршрутизацію пацієнтів. Це обґрунтовує доцільність їх інтегрованого застосування залежно від конкретного профілактичного або клінічного завдання.

Недоліки та обмеження цифрових технологій. Попри значний потенціал цифрових технологій для персоналізації моніторингу ультрафіолетової експозиції, модифікації фотозахисної поведінки та підтримки раннього виявлення злоякісних новоутворень шкіри,

Таблиця 1. Порівняльна характеристика підходів до оцінки УФ-експозиції та ризику раку шкіри

Метод	Об'єкт оцінки	Основна перевага	Основне обмеження	Рівень застосування
УФ-індекс	Потенційна еритемна УФ-небезпека	Стандартизована оцінка УФ-небезпеки	Не визначає персональну дозу	Популяційний
Наземний/супутниковий моніторинг	УФ-випромінювання довкілля	Територіальне охоплення	Не відображає індивідуальну експозицію	Популяційний
Самооцінка	Сонячна експозиція	Простота та доступність	Похибки пам'яті	Індивідуальний
Персональні УФ-сенсори	Індивідуальна УФ-експозиція	Персональна дозиметрія	Калібрування та положення сенсора	Індивідуальний/професійний
mHealth	Експозиція та поведінкові фактори	Персоналізація профілактики	Якість даних і цифрова нерівність	Індивідуальний
Штучний інтелект	Фактори ризику та зображення	Стратифікація ризику й підтримка рішень	Алгоритмічне зміщення та валідація	Клінічний
Теледерматологія	Клінічні та дерматоскопічні дані	Дистанційна оцінка та маршрутизація	Якість зображень і технічні обмеження	Клінічний

їх практичне застосування супроводжується технічними, клінічними, організаційними, соціальними та етико-правовими обмеженнями. Ці фактори мають принципове значення при оцінці можливості інтеграції цифрових інструментів у програми профілактики раку шкіри та систему громадського здоров'я.

Технічні обмеження. Однією з основних проблем персональних УФ-сенсорів і носимих дозиметрів залишається неоднорідність їх технічних характеристик. Пристрої відрізняються спектральною чутливістю, діапазоном вимірювання, способом перетворення та реєстрації сигналу, точністю, стабільністю показників і алгоритмами розрахунку кумулятивної експозиції. Результат персональної дозиметрії також залежить від локалізації та орієнтації сенсора відносно джерела випромінювання, положення тіла, затінення одягом або іншими об'єктами та умов навколишнього середовища. Відповідно, локально зареєстрована сенсором доза не завжди може безпосередньо екстраполюватися на загальну УФ-експозицію поверхні шкіри. Відмінності між пристроями та недостатня стандартизація протоколів вимірювання додатково обмежують порівнянність результатів різних досліджень [10].

Для мобільних і носимих систем додаткове значення мають автономність роботи, енергоспоживання, стабільність бездротового передавання даних та сумісність із різними мобільними платформами. Тому технічна можливість безперервного моніторингу сама по собі не гарантує однакової точності та відтворюваності персональної УФ-дозиметрії в реальних умовах використання [17, 18].

Клінічні обмеження. Важливим методологічним обмеженням є відмінність між точністю вимірювання УФ-експозиції та доказовістю клінічної ефективності цифрового втручання. Більш детальна реєстрація персональної УФ-دوزи не означає автоматичного зниження ризику злоякісних новоутворень шкіри. Для підтвердження такого ефекту необхідні довготривалі проспективні дослідження з клінічно значущими кінцевими точками. Наявні дослідження цифрових профілактичних втручань переважно оцінюють зміни фотозахисної поведінки, використання сонцезахисних засобів, уникнення надмірної сонячної експозиції та інші проміжні результати.

Зокрема, у рандомізованому контрольованому дослідженні цифрових втручань серед 1369 молодих дорослих було продемонстровано

статистично значуще покращення низки показників фотозахисної поведінки, однак відмінності щодо фактичної УФ-експозиції не досягли статистичної значущості. Таким чином, наявні результати не слід екстраполювати на доведене зниження захворюваності або смертності від раку шкіри [11].

Обмеження алгоритмів штучного інтелекту. Для AI-систем у дерматології ключовими проблемами залишаються репрезентативність навчальних вибірок, зовнішня валідація, алгоритмічне зміщення та можливе зниження діагностичної ефективності при перенесенні моделі на популяції або клінічні умови, які відрізняються від даних, використаних під час її розробки. Результати алгоритму можуть залежати від характеристик зображення, типу пристрою, умов освітлення, способу отримання дерматоскопічного зображення, представленості різних фототипів шкіри та структури патології у навчальному наборі даних [13, 26].

Окремою проблемою є можливість хибно-позитивних і хибнонегативних результатів. Хибнопозитивний результат може збільшувати кількість необґрунтованих консультацій, дерматоскопічних досліджень або біопсій, тоді як хибнонегативний результат потенційно створює ризик затримки діагностики злоякісного новоутворення. Навіть за умов високої діагностичної точності AI його результати не є абсолютними. За даними систематичного огляду та метааналізу, сумарні показники чутливості та специфічності AI при діагностиці раку шкіри становили 87,0% і 77,1% відповідно, що підтверджує необхідність клінічної інтерпретації результатів і збереження лікарського контролю [37].

Суттєвим обмеженням залишається також недостатня пояснюваність частини моделей машинного та глибокого навчання. Неможливість чітко визначити, які ознаки стали визначальними для конкретного автоматизованого висновку, ускладнює перевірку результату лікарем, оцінку причин помилки та формування довіри до системи. У зв'язку з цим клінічно доцільним є використання AI насамперед як інструменту підтримки прийняття рішень, а не автономної заміни клінічної оцінки [32].

Обмеження теледерматології. Ефективність дистанційної оцінки шкірних новоутворень значною мірою залежить від якості клінічних і дерматоскопічних зображень, повноти анамнестичної інформації, технічних характеристик обладнання та досвіду фахівця,

який проводить дистанційну інтерпретацію. Недостатня якість фотографій, невідповідне освітлення, відсутність стандартизованої візуалізації або неповні клінічні дані можуть знижувати діагностичну цінність дистанційного обстеження. Крім того, теледерматологія не в усіх випадках може замінити очний огляд, пальпацію, повне обстеження шкірного покриву та гістопатологічну верифікацію підозрілих утворень [12, 33, 34].

Організаційні та економічні обмеження. Широке впровадження цифрового УФ-моніторингу потребує не лише придбання сенсорів або програмного забезпечення, але й створення інфраструктури для збирання, передавання, зберігання та клінічної інтерпретації даних. Практичними бар'єрами можуть бути вартість обладнання, технічне обслуговування, необхідність навчання медичних працівників, відсутність уніфікованих форматів даних та недостатня інтероперабельність між мобільними застосунками, носимими пристроями й електронними системами охорони здоров'я. Особливого значення набуває визначення того, які цифрові показники мають клінічну цінність і повинні інтегруватися в електронний медичний запис, щоб збільшення обсягу даних не призводило до додаткового інформаційного навантаження на медичного працівника.

Соціальні обмеження. Результативність цифрових технологій залежить від прихильності користувача до регулярного використання пристрою або мобільного застосунку. Нерегулярне носіння сенсора, відключення пристрою, неповне внесення інформації та припинення використання застосунку можуть призводити до формування неповних часових рядів і знижувати цінність персонального моніторингу. Крім того, нерівний доступ до смартфонів, носимих пристроїв і стабільного інтернет-з'єднання, а також відмінності цифрової грамотності можуть формувати «цифровий розрив» і обмежувати доступність таких технологій для окремих соціальних та вікових груп [32].

Етичні та правові обмеження. Збирання великих масивів персональних даних про поведінку користувача, географічні характеристики експозиції, фотографії та дерматоскопічні зображення шкіри створює додаткові вимоги до конфіденційності, захисту даних і кібербезпеки. Принципового значення набувають визначення правових підстав для обробки та вторинного використання медичних даних, контроль доступу до них, прозорість алгоритмічної

обробки та встановлення відповідальності за рішення, прийняті із застосуванням автоматизованих систем.

ВООЗ визначає захист автономії людини, безпеку, прозорість і пояснюваність алгоритмів, відповідальність, інклюзивність та справедливість як базові принципи належного використання AI у сфері охорони здоров'я. ВООЗ також наголошує на необхідності перевірки алгоритмів у тих умовах, у яких передбачається їх практичне використання, та оцінки можливих відмінностей ефективності між різними групами населення. Отже, клінічна інтеграція AI потребує не лише підтвердження діагностичної точності, але й відповідної системи управління, людського контролю та механізмів відповідальності [32].

Узагальнюючи, основним обмеженням сучасних цифрових технологій у профілактиці раку шкіри є розрив між високою технологічною здатністю до збирання й аналізу персоналізованих даних та обмеженою кількістю доказів щодо їх впливу на довгострокові клінічні кінцеві точки. Персональні УФ-сенсори підвищують деталізацію оцінки індивідуальної експозиції, mHealth-втручання можуть покращувати фотозахисну поведінку, а AI та теледерматологія розширюють можливості стратифікації ризику й дистанційної діагностичної підтримки. Проте ці переваги не усувають необхідності стандартизації, зовнішньої валідації, клінічного контролю, захисту персональних даних та оцінки ефективності в реальних умовах. Тому на сучасному етапі цифрові технології доцільно розглядати як доповнення до традиційних методів УФ-моніторингу, профілактики та дерматологічного спостереження, а не як їх повну заміну.

ВИСНОВКИ

1. Традиційні та цифрові підходи до моніторингу УФ-експозиції мають різні, але взаємодоповнювальні сфери застосування. УФ-індекс, наземний і супутниковий моніторинг забезпечують стандартизовану оцінку потенційної УФ-небезпеки на популяційному рівні, але не відображають фактичну індивідуальну дозу опромінення. Персональні УФ-дозиметри та носимі УФ-сенсори дають змогу персоналізувати оцінку експозиції, однак точність їх показників залежить від технічних характеристик, калібрування, локалізації та орієнтації сенсора, що визначає необхідність стандартизації методів персональної УФ-дозиметрії.

2. Цифрові та mHealth-втручання створюють додаткові можливості для персоналізованої профілактики шляхом поєднання даних про УФ-експозицію, індивідуальні фактори ризику та фотозахисну поведінку. Рандомізовані дослідження підтверджують їх здатність покращувати окремі показники фотозахисної поведінки, проте наявна доказова база не підтверджує безпосереднього зниження фактичної УФ-експозиції, захворюваності або смертності від злоякісних новоутворень шкіри. Тому поведінкові результати цифрових втручань не слід екстраполювати на доведений довгостроковий онкопревентивний ефект.

3. Найбільш переконливі кількісні докази ефективності цифрових технологій отримано для алгоритмів штучного інтелекту в діагностичній підтримці злоякісних новоутворень шкіри. За даними систематичного огляду та метааналізу, сумарна чутливість AI становила 87,0%, специфічність — 77,1% порівняно з 79,8% та 73,6% відповідно для клініцистів загалом; при порівнянні з експертами-дерматологами відмінності були меншими. Ці результати обґрунтовують використання AI як інструменту підтримки клінічних рішень і стратифікації ризику, однак алгоритмічне зміщення, недостатня зовнішня валідація та обмежена пояснюваність моделей не дозволяють розглядати його як автономну альтернативу клінічній і дерматоскопічній оцінці лікарем.

4. Теледерматологія та цифрова дерматоскопія можуть підвищувати доступність дистанційної оцінки шкірних новоутворень і оптимізувати маршрутизацію пацієнтів, проте їх діагностична ефективність визначається якістю та стандартизацією зображень, повнотою клінічної інформації, технічною інфраструктурою та кваліфікацією фахівця. За наявності відповідних клінічних показань дистанційні технології доповнюють, але не замінюють очне дерматологічне обстеження та гістопатологічну верифікацію.

5. Сукупність наявних доказів обґрунтовує інтегровану модель профілактики УФ-асоційованих злоякісних новоутворень шкіри, у якій традиційний УФ-моніторинг забезпечує оцінку популяційної небезпеки, персональна цифрова дозиметрія — індивідуальної експозиції, mHealth — підтримку модифікації фотозахисної поведінки, а AI і теледерматологія — стратифікацію ризику, діагностичну підтримку та маршрутизацію пацієнтів. Цифрові технології доцільно розглядати як доповнення, а не за-

міну традиційних профілактичних і клінічних підходів. Їх подальше впровадження потребує стандартизації, зовнішньої валідації, інтероперабельності, захисту персональних даних та проспективної оцінки впливу на клінічно значущі довгострокові результати.

REFERENCES

1. **Yang TT, Lan CE.** Photocarcinogenesis of the skin: current status and future trends. *Kaohsiung J Med Sci.* 2025;41(4). doi: <https://doi.org/10.1002/kjm2.12946>
2. World Health Organization. Ultraviolet radiation [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2026 Sep 10]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
3. International Agency for Research on Cancer. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Melanoma of skin [Internet]. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2024 [cited 2026 Sep 10]. Available from: <https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/cancers/16-melanoma-of-skin-fact-sheet.pdf>
4. **Arnold M, Singh D, Laversanne M, Vignat J, Vacarella S, Meheus F, et al.** Global burden of cutaneous melanoma in 2020 and projections to 2040. *JAMA Dermatol.* 2022;158(5):495–503. doi: <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2022.0160>
5. **Langselius O, Rungay H, de Vries E, Whiteman DC, Jemal A, Parkin DM, et al.** Global burden of cutaneous melanoma incidence attributable to ultraviolet radiation in 2022. *Int J Cancer.* 2025;157(6):1110–9. doi: <https://doi.org/10.1002/ijc.35463>
6. **Wang R, Chen Y, Shao X, Chen T, Zhong J, Ou Y, et al.** Burden of skin cancer in older adults from 1990 to 2021 and modelled projection to 2050. *JAMA Dermatol.* 2025;161(7):715–22. doi: <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2025.1276>
7. Ministry of Health of Ukraine. Melanoma: chomu vazhlyvo buty uvazhnymy do rodymok? [Melanoma: why it is important to pay attention to moles] [Internet]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2024 May 11 [cited 2026 Sep 10]. Ukrainian. Available from: <https://moz.gov.ua/uk/melanoma-chomu-vazhlyvo-buty-uvazhnyimi-do-rodymok>
8. **Carvalho F, Strehl C, Barroso-Dias J, Castela MM, Gobba F, Lapão LV, et al.** Occupational exposure to solar ultraviolet radiation among outdoor workers in Lisbon, 2023 — first results of the MEAOW study. *Front Public Health.* 2025;13:1659663. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1659663>
9. World Health Organization. Raising awareness on ultraviolet radiation [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2026 Jul 5]. Available from: <https://www.who.int/activities/raising-awareness-on-ultraviolet-radiation>
10. **Huang X, Chalmers AN.** Review of wearable and portable sensors for monitoring personal solar UV exposure. *Ann Biomed Eng.* 2021;49(3):964–78. doi: <https://doi.org/10.1007/s10439-020-02710-x>
11. **Heckman CJ, Mitarotondo A, Lin Y, Khavjou O, Riley M, Manne SL, et al.** Digital interventions to modify skin cancer risk behaviors in a national sample

- of young adults: randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2024;26.
doi: <https://doi.org/10.2196/55831>
12. **López-Pardo Rico M, Ginarte Val M, Sánchez-Aguilar Rojas MD, Martínez Leboráns L, Rodríguez Otero C, Flórez Á.** Teledermatology vs. face-to-face dermatology for the diagnosis of melanoma: a systematic review. *Cancers* (Basel). 2025;17(17):2836.
doi: <https://doi.org/10.3390/cancers17172836>
 13. **Wei ML, Tada M, So A, Torres R.** Artificial intelligence and skin cancer. *Front Med* (Lausanne). 2024;11:1331895.
doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1331895>
 14. **Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S.** SANRA — a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Res Integr Peer Rev*. 2019;4:5.
doi: <https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8>
 15. **Lin C, Du Y, Pendse N, Fernandes G, Alshurafa N, Pedram M.** Self-sustaining wearable UV sensor for passive and continuous sun protection. In: *2024 IEEE 20th International Conference on Body Sensor Networks (BSN)*; 2024 Oct 15–17; Chicago, IL, USA. Piscataway (NJ): IEEE; 2024. p. 1–4.
doi: <https://doi.org/10.1109/BSN63547.2024.10780588>
 16. **Fraser K, Li V, Sobotka M, Vinagolu-Baur J, Herriek G.** The role of wearable technology in real-time skin health monitoring. *JEADV Clin Pract*. 2025;4(1):21–29.
doi: <https://doi.org/10.1002/jvc2.587>
 17. **Cheng J, Xue N, Zhou W, Qin B, Qiu B, Fang G, et al.** Recent progress in flexible wearable sensors for real-time health monitoring: materials, devices, and system integration. *Micromachines* (Basel). 2025;16(10):1124.
doi: <https://doi.org/10.3390/mi16101124>
 18. **Kong L, Li W, Zhang T, Ma H, Cao Y, Wang K, et al.** Wireless technologies in flexible and wearable sensing: from materials design, system integration to applications. *Adv Mater*. 2024;36(27).
doi: <https://doi.org/10.1002/adma.202400333>
 19. Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance. Wearable UV sensors for use during work performed outdoors. Focus on IFA's work No. 0442 [Internet]. Sankt Augustin: German Social Accident Insurance; 2024 [cited 2026 Jul 5]. 2 p. Available from: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/5060>
 20. **Sangers TE, Wakkee M, Moolenburgh F, Nijsten T, Lugtenberg M.** Mobile health apps for skin cancer triage in the general population: a qualitative study on healthcare providers' perspectives. *BMC Cancer*. 2025;25(1):851.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12885-025-14244-3>
 21. **Clare IM, Gamag N, Alvares GA, Black LJ, Francis J, Jaimangal M, et al.** The effects of using the Sun Safe app on sun health knowledge and behaviors of young teenagers: results of pilot intervention studies. *JMIR Dermatol*. 2022;5(1).
doi: <https://doi.org/10.2196/35137>
 22. **Habgood E, McCormack C, Walter FM, Emery JD.** Patients' experiences of using skin self-monitoring apps with people at higher risk of melanoma: qualitative study. *JMIR Dermatol*. 2021;4(2).
doi: <https://doi.org/10.2196/22583>
 23. **Drabarek D, Habgood E, Janda M, Hersch J, Ackermann D, Low D, et al.** Experiences of patient-led surveillance, including patient-performed teledermoscopy, in the MEL-SELF pilot randomized controlled trial: qualitative interview study. *JMIR Dermatol*. 2022;5(3).
doi: <https://doi.org/10.2196/35916>
 24. **Gençoğlu Ş.** Analysis of skin health management through telemedicine and mobile health in dermatology in the post-COVID era. *Eur Res J*. 2025;11(1):113–22.
doi: <https://doi.org/10.18621/eurj.1470960>
 25. **Mukherjee S, Rao SR, Poddar A.** Artificial intelligence powered mobile health apps for skin cancer detection: current challenges and a systems thinking approach for improved public health outcomes in low- and middle-income countries. *Melanoma Res*. 2026;36(1):16–30.
doi: <https://doi.org/10.1097/CMR.0000000000001074>
 26. **Górecki S, Tatka A, Brusey J.** Artificial intelligence and new technologies in melanoma diagnosis: a narrative review. *Cancers* (Basel). 2025;17(24):3896.
doi: <https://doi.org/10.3390/cancers17243896>
 27. **Karnwal A, Selvaraj M, Kumar G, Kumar A, Al-Tawaha ARMS, Aqueel-Ur-Rehman, et al.** Multimodal artificial intelligence for enhanced skin cancer diagnosis and prognosis. *Discov Oncol*. 2026;17(1):515.
doi: <https://doi.org/10.1007/s12672-026-04532-0>
 28. **Zareen SS, Hossain MS, Wang J, Kang Y.** Recent innovations in machine learning for skin cancer lesion analysis and classification: a comprehensive analysis of computer-aided diagnosis. *Precis Med Sci*. 2025;14(1):15–40.
doi: <https://doi.org/10.1002/prm2.12156>
 29. **Zhai P, Xu W, Duan G, Wu Y, Qi M, Chang L, et al.** Artificial intelligence-integrated wearable biomedical devices for cancer management. *J Natl Cancer Cent*. 2025;5(6):561–76.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jncc.2025.09.001>
 30. **Behara K, Bhero E, Agee JT.** AI in dermatology: a comprehensive review into skin cancer detection. *PeerJ Comput Sci*. 2024;10.
doi: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2530>
 31. European Commission. European Health Data Space Regulation (EHDS) [Internet]. Brussels: European Commission; 2025 [cited 2026 Jul 5]. Available from: https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space-regulation-ehds_en
 32. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2026 Jul 5]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
 33. **Mederle AL, Fericean RM, Grigore R, Badea MA, Bara MA, Ilie AC.** Teledermatology and teledermoscopy for melanoma care pathways: timeliness, diagnostic performance, and stage at diagnosis: a systematic review. *Diagnostics* (Basel). 2025;15(23):3003.
doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics15233003>
 34. **Jones LK, Oakley A.** Store-and-forward teledermatology for assessing skin cancer in 2023: literature review. *JMIR Dermatol*. 2023;6.
doi: <https://doi.org/10.2196/43395>
 35. **Giansanti D.** The artificial intelligence in teledermatology: a narrative review on opportunities, pers-

pectives, and bottlenecks. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(10):5810.

doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph20105810>

36. **Shen CZ, Zhao AT, Rotemberg V, Daneshjou R, Parker ER, Rosenbach M.** Artificial intelligence in dermatology: clinical promise and environmental impact. *J Invest Dermatol*. 2026 Jun 10(26)01043-2. [Online ahead of print].

doi: <https://doi.org/10.1016/j.jid.2026.03.039>

37. **Salinas MP, Sepúlveda J, Hidalgo L, Peirano D, Morrel M, Uribe P, et al.** A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence versus clinicians for skin cancer diagnosis. *NPJ Digit Med*. 2024;7(1):125.

doi: <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01103-x>

ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без зовнішнього фінансування. Автор не отримував грантів чи іншої фінансової підтримки від державних, громадських або комерційних організацій.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки рукопису генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

КОВТУН Лариса: концептуалізація, методологія, дослідження, збір та аналіз наукових джерел, формальний аналіз, інтерпретація результатів, написання оригінального рукопису, перегляд і редагування тексту, візуалізація, адміністрування проєкту.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6596-9221>

e-mail: larysakovtun1972@gmail.com

Отримано: 16.07.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

The research was carried out without external financial support. The author did not receive any grants or other financial support from governmental, public, or commercial organizations.

CONFLICTS OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

No generative artificial intelligence was used in the preparation of this manuscript.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

KOVTUN Larysa: conceptualization, methodology, investigation, literature search and analysis, formal analysis, interpretation of the results, writing of the original draft, review and editing of the manuscript, visualization, and project administration.

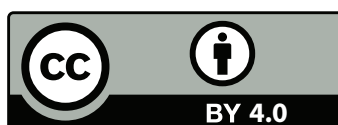
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6596-9221>

e-mail: larysakovtun1972@gmail.com

Received: 16.07.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026



NUTRITIONAL SUPPORT OF PSYCHOSOMATIC DISEASES: THE ROLE OF SPICES AND PERSONALIZATION BASED ON TEMPERAMENT

Anistratenko T.I.

Bogomolets National
Medical University,
Kyiv, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To summarize current scientific evidence on the role of nutrition and spices in the nutritional support of patients with psychosomatic diseases and to substantiate a conceptual model for personalizing dietary recommendations with consideration of individual psychological characteristics, particularly temperament.
- **MATERIALS AND METHODS.** A narrative analysis of the scientific literature was performed, with priority given to systematic reviews, meta-analyses, and randomized controlled trials published predominantly between 2020 and 2026. Evidence concerning stress, overall dietary quality and psychological well-being, personalized nutrition, the microbiota-gut-brain axis, and the clinical effects of selected spices and their bioactive compounds was analyzed.
- **RESULTS.** The review addresses the relationship between psychological stress and eating behavior and the role of overall dietary quality in psychoemotional status; outlines the promise and limitations of personalized nutritional interventions; analyzes current evidence on the clinical effects of spices, particularly saffron and curcumin, considering differences in bioavailability between standardized extracts and culinary doses; and presents a conceptual approach to temperament as a modifier of how dietary recommendations are implemented within a multilevel model of nutritional support.
- **CONCLUSIONS.** Nutritional support should be considered an integral component of comprehensive care for patients with psychosomatic diseases. Spices may serve as a means of sensory personalization of a healthy dietary pattern, while the promising evidence on saffron and curcumin requires cautious clinical interpretation. Consideration of temperament may be useful for adapting behavioral strategy and improving adherence to dietary recommendations; however, the proposed model requires further clinical validation.
- **KEYWORDS:** *psychosomatic pathology, eating behavior, psychological stress, spices, saffron, curcuma, personalized nutrition, temperament.*

АЛІМЕНТАРНИЙ СУПРОВІД ПСИХОСОМАТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ: РОЛЬ СПЕЦІЙ ТА ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАМЕНТУ

Аністратенко Т.І.

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

- **МЕТА.** Узагальнити сучасні наукові дані щодо ролі харчування та спецій в аліментарному супроводі психосоматичних захворювань і обґрунтувати концептуальну модель персоналізації харчових рекомендацій з урахуванням індивідуально-психологічних характеристик, зокрема темпераменту.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено наративний аналіз наукової літератури, переважно систематичних оглядів, метааналізів та рандомізованих контрольованих досліджень, опублікованих у 2020–2026 роках. Проаналізовано дані щодо взаємозв'язку стресу, якості раціону та психоемоційного благополуччя, персоналізованого харчування, ролі осі «мікробіота – кишківник – мозок», а також клінічних ефектів окремих спецій і біологічно активних компонентів.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** В огляді розглянуто зв'язок психоемоційного стресу з харчовою поведінкою та роль загальної якості раціону у формуванні психоемоційного стану; охарактеризовано перспективи й обмеження персоналізованих харчових втручань; проаналізовано сучасну доказову базу щодо клінічних ефектів спецій, зокрема шафрану та куркуміну, з урахуванням відмінностей у біодоступності між стандартизованими екстрактами та кулінарними дозами; викладено концептуальний підхід до врахування темпераменту як модифікатора способу впровадження харчових рекомендацій у межах багаторівневої моделі аліментарного супроводу.
- **ВИСНОВКИ.** Аліментарний супровід доцільно розглядати як складову комплексної допомоги пацієнтам із психосоматичними захворюваннями. Спеції можуть використовуватися для органолептичної персоналізації здорового раціону, а перспективні дані щодо шафрану та куркуміну потребують обережної клінічної інтерпретації. Урахування темпераменту може бути корисним для адаптації поведінкової стратегії та підвищення прихильності до харчових рекомендацій, однак запропонована модель потребує подальшої клінічної перевірки.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *психосоматична патологія, харчова поведінка, стрес, спеції, шафран, куркума, персоналізоване харчування, темперамент.*

Psychosomatic diseases represent an important medical and social problem, since their onset, course, and prognosis are determined by a complex interaction of somatic, psychological, behavioral, and social factors. Chronic psychoemotional stress, sleep disturbances, changes in eating behavior, insufficient physical activity, and other adverse lifestyle factors may mutually reinforce pathological manifestations and negatively affect patients' quality of life.

Within the system of comprehensive care for such patients, nutrition is important not only as a source of energy and essential nutrients. It is a significant component of everyday behavior, linked to daily routine, emotional state, social interactions, dietary habits, and quality of life. At the same time, psychoemotional tension can substantially alter the nature of eating behavior. A systematic review and meta-analysis by Hill et al., which covered 54 studies involving 119,820 individuals, demonstrated an association between stress and changes in eating behavior, in particular an increased likelihood of choosing less healthy foods alongside a reduced proportion of healthy ones [1]. A broader conceptual perspective on the place of nutrition among modifiable factors of mental well-being is presented in a review by Loughman et al., which summarizes the methodological foundations of the field of nutritional psychiatry [2].

Thus, in patients with psychosomatic diseases, nutrition can be regarded not merely as a passive component of lifestyle, but as one of the potentially modifiable factors that should be taken into account within a comprehensive care program.

The modern approach to nutritional interventions is increasingly oriented toward personalization. Identical recommendations may have different effectiveness in different individuals due to differences in food preferences, established habits, motivation, behavioral responses, social environment, and the ability to adhere to proposed changes. Systematic reviews of randomized trials indicate the promise of personalized nutritional interventions, although their superiority over standard approaches remains heterogeneously supported [3–5].

In this context, spices may acquire particular significance. Their use allows for greater variety in the taste, aroma, and appearance of dishes, which potentially contributes to better acceptance of the recommended diet and longer-term adherence to it. In addition to their sensory function, certain spices and their bioactive components are the subject of clinical research regarding psychoemotional

status. The most substantial evidence base to date has been accumulated for saffron and curcumin [6–10].

At the same time, findings obtained with standardized extracts cannot be directly extrapolated to the ordinary culinary use of spices. The dose, preparation form, and bioavailability of active components in standardized extracts — particularly crocin and curcumin — may exceed by orders of magnitude the amounts actually absorbed by the body from ordinary culinary quantities of spices; for curcumin, this problem is further compounded by its low natural bioavailability, which studies overcome by combining it with piperine or using special delivery forms [11]. A review of clinical data specifically on culinary (rather than pharmacological) doses of herbs and spices confirms that effects obtained with high-dose extracts cannot be automatically extrapolated to dietary amounts [12], while pharmacokinetic studies show that different phytochemical components of spices differ substantially in absorption rate and duration of circulation in the blood, even within culinary doses [13]. Therefore, within the framework of nutritional support, spices should primarily be regarded as a biologically active component of a varied diet rather than an alternative to pharmacotherapy or psychotherapy.

A separate area of current research concerns the study of individual psychological characteristics as determinants of food choice. A systematic review by Esposito et al. demonstrated associations between specific personality traits and dietary patterns [14]. This provides grounds to suggest that personalization of nutritional support may include not only an assessment of clinical and nutritional status but also an analysis of a person's behavioral and psychological characteristics.

In this context, temperament — understood as a set of relatively stable dynamic characteristics of mental activity and behavior — is of particular interest. A large-scale meta-analysis of Cloninger's psychobiological model, which pooled data from 149 studies, confirms consistent associations between specific dimensions of temperament and character (in particular, high harm avoidance and low self-directedness) and a broad spectrum of mental disorders, which substantiates clinical interest in this construct [15]. At the same time, current evidence does not provide sufficient grounds for the direct claim that a specific temperament type corresponds to a particular diet or spice. Therefore, the use of temperament within a personalization framework should be approached with caution.

A more scientifically grounded approach is one in which temperament is regarded not as a criterion for selecting a specific product or spice, but as a potential modifier of how dietary recommendations are formulated and implemented. It may be taken into account when determining the pace of dietary habit change, the manner of communication with the patient, the structure of recommendations, the level of behavioral support required, and the sensory adaptation of the diet.

It is precisely the combination of an evidence-based approach, personalization, and the rational use of spices that determines the relevance of studying the problem of nutritional support for psychosomatic diseases.

The novelty of this study lies in the development of an integrated multilevel model of nutritional support for psychosomatic diseases, which for the first time combines evidence on nutrition, spices, and individual psychological characteristics into a unified personalization system. Unlike existing publications, which address these areas separately, the proposed model defines temperament not as a criterion for selecting a specific product or spice, but as an independent modifier of how dietary recommendations are formulated and implemented at the clinical, behavioral, and sensory levels.

Objective. The objective of this work is to substantiate a conceptual model for personalizing dietary recommendations in the nutritional support of psychosomatic diseases, considering the role of spices and individual psychological characteristics, particularly temperament, based on a synthesis of current scientific data.

TASKS

1. To analyze current scientific data on the relationship between psychological stress, dietary quality, and psychoemotional well-being.
2. To summarize the evidence base on the clinical effects of spices, particularly saffron and curcumin, in the context of psychosomatic diseases.
3. To evaluate available data on the relationship between individual psychological characteristics, particularly temperament, and eating behavior.
4. To substantiate a conceptual multilevel model for personalizing dietary recommendations with consideration of temperament as a modifier of behavioral strategy.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the format of a narrative review of the scientific literature. The analysis used publications addressing the relation-

ship between psychoemotional stress and eating behavior, personalized nutrition, the effect of dietary quality on psychoemotional well-being, the role of spices and their bioactive components, and the relationship between individual psychological characteristics and food choice.

Primary attention was given to systematic reviews, meta-analyses, and randomized controlled trials published predominantly between 2020 and 2026. Selected earlier publications were included in the analysis when they were of fundamental importance to the evidence base or represented key clinical studies. The search was conducted in the PubMed/MEDLINE databases and on the official websites of the relevant journals; for each source included in the review, the content of the in-text citation was cross-checked against the abstract and, where necessary, the full text of the original publication.

RESULTS AND DISCUSSION

Psychoemotional stress is one of the factors capable of substantially altering a person's eating behavior. The nature of such changes is not universal: in some individuals, stress is accompanied by decreased appetite and restricted food intake, whereas in others it is accompanied by increased appetite, more frequent food consumption, and a predominant choice of energy-dense foods.

A systematic review and meta-analysis by Hill et al., covering 54 studies and 119,820 participants, demonstrated an association between stress and changes in eating behavior. The most consistent finding was an increase in the consumption of less healthy foods and a decrease in the proportion of healthy foods in the diet under the influence of stress [1]. This is of particular importance for patients with psychosomatic diseases, since the prolonged persistence of an unfavorable eating pattern may create an additional behavioral burden on the body.

It is important to consider that stress-related eating behavior is shaped by more than a single factor. Individual reactivity, prior experience, established dietary habits, food availability, social environment, and psychological coping mechanisms all play a role. Consequently, the same stressful situation may be accompanied by fundamentally different patterns of eating behavior.

For psychosomatic diseases, this interaction is bidirectional in nature. Psychoemotional tension can alter eating patterns, while, in turn, an unfavorable dietary structure, irregular eating, and emotional overeating can complicate symptom

control and reduce quality of life. For this reason, nutritional support should be regarded not as an isolated dietary recommendation but as a component of a comprehensive approach to lifestyle modification.

In light of the above, the assessment of nutrition's effect on psychoemotional status should be conducted primarily from the standpoint of overall dietary quality rather than a single «therapeutic» product. A review by Firth et al. emphasizes the relationship between dietary patterns and mental well-being [16]. The practical relevance of this relationship was first demonstrated by the pilot randomized controlled «SMILES» trial by Jacka et al., in which structured dietary counseling bringing the diet closer to a Mediterranean model was associated with a clinically significant improvement in symptoms of major depressive disorder compared with social support [17]. A subsequent meta-analysis of randomized trials of dietary interventions, conducted by Firth et al., confirmed a statistically significant, though moderate, effect of dietary improvement on symptoms of depression and anxiety [18]. Consistent findings were obtained in a large-scale synthesis of observational studies by Lassale et al., which demonstrated an inverse relationship between adherence to high-quality dietary patterns (including the Mediterranean pattern) and the risk of depressive manifestations [19]. A similar trend has been observed in studies of the Mediterranean dietary model. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials by Bizzozero-Peroni et al. demonstrated a potential positive effect of the Mediterranean diet on depressive symptomatology [20].

The opposite pole of dietary quality — excessive consumption of ultra-processed foods — is likewise associated with unfavorable psychoemotional outcomes. A systematic review and meta-analysis of observational studies by Lane et al., involving more than 258,000 individuals, showed that a higher proportion of ultra-processed foods in the diet is associated with increased odds of depressive and anxiety symptomatology, and, in prospective studies, with an increased subsequent risk of developing depression [21]. These data indirectly support the emphasis proposed in this article on the overall dietary structure rather than on individual «target» foods or spices.

One of the possible biological underpinnings of the relationship between nutrition and psychoemotional status is the microbiota-gut-brain axis. A classic review by Cryan et al. describes the neuroendocrine, immune, and neural pathways

through which the gut microbiota can influence brain structure and function [22], while a more recent review by Horn et al. summarizes clinical and preclinical data on the effect of dietary patterns on this axis in depression, cognitive decline, and other conditions [23]. Marx et al. systematized the key mechanisms that may mediate the relationship between nutrition and depression, including inflammatory processes, oxidative stress, neuroplasticity, and microbiota function [24]. These data do not provide grounds for a simplistic interpretation that «food cures depression», but they reinforce the biological plausibility of the observed associations and support the rationale for regarding nutrition as a modifiable factor in patient care.

These findings have important practical implications. In the nutritional support of patients with psychosomatic diseases, it is advisable to focus on the overall dietary structure: an adequate amount of vegetables, fruits, berries, whole grains, legumes, nuts, seeds, fish, and other sources of complete nutrients, combined with limiting excessive consumption of foods high in added sugar, saturated fat, excess salt, and a high degree of industrial processing. Thus, in the proposed model, spices do not replace the basic principles of healthy eating but complement them.

A person's adherence to the recommended dietary pattern is also of particular importance. Even a scientifically grounded dietary recommendation will be of limited effectiveness if the patient is unable or unwilling to follow it over an extended period. It is precisely this problem that substantiates the need for personalization.

Personalization of nutrition involves adapting recommendations to an individual's specific characteristics. Unlike a universal approach, it takes into account not only the need for a certain amount of energy and nutrients but also actual living conditions, dietary habits, preferences, and the feasibility of adherence to recommendations. A meta-analysis by Cross et al. demonstrated the promise of personalized nutritional interventions in adults with elevated cardiometabolic risk [4]. Additional data on the use of digital technologies for personalized nutritional interventions indicate the potential for improving specific indicators of eating behavior [5].

In psychosomatic diseases, personalization acquires additional significance due to possible instability of appetite, emotional overeating, the use of food as a means of compensating for negative emotions, or, conversely, a loss of interest in food. A systematic review and meta-analysis of behavior

ral interventions for emotional eating by Power et al. showed that the effectiveness of such programs substantially depends on the specific set of behavior-change techniques used (in particular, action planning and self-monitoring), rather than on psychological counseling as such [25]. This underscores that, in psychosomatic diseases, spices can be only one of the simple tools for dietary adaptation, embedded within a broader behavioral strategy.

Spices are traditionally used to enhance the flavor and aromatic properties of food. At the same time, current research also regards them as a source of bioactive compounds. The practical significance of spices in personalized nutrition lies primarily in their ability to increase the sensory appeal of dishes. This is particularly important in cases where a patient finds it difficult to adhere to a recommended diet because of its monotony.

Flavor diversity can contribute to a more positive perception of healthy foods. For example, vegetable, legume, or whole-grain dishes can acquire different sensory characteristics depending on the combination of spices used. Thus, the same basic dietary structure can be adapted to individual taste preferences without a fundamental change in its nutritional value.

The study by Petersen et al. is an important example of the clinical evaluation of spices specifically within a dietary context. In a randomized, crossover, controlled-feeding trial, the use of a blend of herbs and spices at a relatively high culinary dose was associated with improved 24-hour ambulatory blood pressure indices in individuals at risk of cardiometabolic diseases [6]. This finding does not imply that spices can be used as a standalone therapeutic agent. However, it confirms the promise of their inclusion in a healthy dietary structure and demonstrates that clinically meaningful effects can be studied specifically in a dietary context, rather than only with high-dose extracts.

For patients with psychosomatic diseases, the psychological aspect may also be important. A pleasant aroma and taste of food can influence the subjective perception of a meal, its emotional component, and satisfaction with eating. However, these propositions require further dedicated clinical study.

Among spices, saffron (*Crocus sativus* L.) attracts particular attention; its bioactive components are represented primarily by crocins, crocetin, picrocrocetin, and safranal. Clinical studies of saffron have been summarized in recent years in several

systematic reviews and meta-analyses. In 2026, Mahmoudi et al. published a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis of 34 randomized controlled trials (1,769 participants) examining the effect of saffron on depression, anxiety, and mood disorders [7]. The results obtained indicate a potential positive effect of saffron on certain indicators of depressive and anxiety symptomatology based on self-report data. At the same time, the authors emphasize substantial heterogeneity of the evidence base (I^2 exceeded 90% for the main indicators) and the absence of a significant effect on clinician-rated scales, which limits the possibility of formulating categorical clinical conclusions.

Additional interest is attracted by a meta-analysis by Shafiee et al., in which the efficacy of saffron was compared with that of selective serotonin reuptake inhibitors in depression and anxiety: no significant difference between the groups was found, while the adverse-effect profile of saffron was more favorable [8]. The existence of such comparative studies increases scientific interest in saffron; however, it is not grounds for regarding it as a replacement for standard pharmacotherapy.

A similar distinction between culinary and pharmacological use applies to turmeric (*Curcuma longa* L.) — a widely used culinary spice with a warm, pungent aroma, the main clinical research interest in which relates to curcumin, its polyphenolic component. A systematic review and meta-analysis by Wang et al. showed a potential efficacy of curcumin for depressive symptomatology, while the authors explicitly note the low quality of evidence and considerable uncertainty of this conclusion [9].

Of particular relevance are data from a new GRADE-assessed systematic review and meta-analysis by Musazadeh et al., published in July 2026 in the journal *Annals of General Psychiatry* (PMID 42472817) [10]. The analysis included 19 randomized controlled trials: pooled data from 8 studies showed a significant reduction in the severity of depression (SMD -0.76 ; 95% CI -1.22 to -0.30 ; $I^2 = 94.5\%$), and pooled data from 11 studies showed a significant reduction in depressive symptomatology (SMD -0.53 ; 95% CI -0.97 to -0.09 ; $I^2 = 85.7\%$). At the same time, the authors themselves explicitly state that, according to sensitivity analysis, the observed effect proved unstable, and that the considerable heterogeneity of the studies ($I^2 > 85\%$) requires cautious interpretation of the findings and confirmation in further high-quality studies.

Thus, current data allow curcumin to be regarded as a promising subject for further research

but do not provide grounds for recommending turmeric or curcumin as a standalone treatment for psychosomatic diseases. Within everyday nutrition, turmeric can be used to diversify vegetable, grain, and legume dishes — its practical value in this case is related primarily to its culinary properties and its inclusion in an overall healthy dietary pattern.

Alongside saffron and turmeric, the diet may also include ginger, cinnamon, cardamom, coriander, cumin, fennel, black pepper, and other spices. Their selection should be based not on the simplified principle of «a specific spice for a specific temperament type», but on individual tolerance, taste preferences, culinary traditions, and clinical status. For example, ginger, distinguished by a pronounced pungent and hot taste, can be used in dishes and beverages given good individual tolerance; cinnamon, with its sweetish-spicy aroma, is suitable for flavoring porridges, fruit dishes, and beverages; cardamom, with its intense aroma, is suitable for beverages and certain desserts with low added-sugar content; and coriander and cumin, with their pronounced spicy aroma, are suitable for vegetable and legume dishes.

In addition to the sensory characteristics of spices, food choice is also influenced by a person's personality characteristics, since eating behavior is a complex phenomenon determined by more than physiological hunger alone: food choice is influenced by emotional state, habits, social factors, food availability, motivation, and personality characteristics. A systematic review by Esposito et al. confirmed the existence of relationships between specific personality traits and food choice [14].

These findings are of fundamental importance for the proposed model. They suggest that personalization of nutrition may be more effective when it takes into account not only biomedical characteristics but also behavioral context. For this reason, temperament should be regarded as a potential additional tool for personalization, rather than as a basis for the rigid classification of patients.

Temperament characterizes the dynamic features of behavior, including the speed and intensity of reactions, emotional reactivity, activity level, and features of adaptation to change; these characteristics are consistently associated with a broad spectrum of mental disorders, in particular through high harm avoidance and low self-directedness [15]. In the context of nutritional support, these characteristics may potentially influence how a person perceives and implements dietary recommendations.

For instance, in cases of high emotional reactivity, manifested as a rapid emotional response, clear, brief, and specific recommendations are advisable. In cases of pronounced impulsivity, accompanied by spontaneous food choices, greater emphasis on advance meal planning, the preparation of an accessible set of healthy foods, and the reduction of situations in which food choices are made spontaneously is advisable. In cases of a high need for variety, manifested as a rapid decline in interest in monotonous food, a broader use of different cooking methods and combinations of foods and spices can be applied, which helps sustain interest in healthy eating. In cases of a tendency toward behavioral stability and slow acceptance of change, the gradual introduction of new foods and dishes without an abrupt restructuring of the habitual diet is advisable. In cases of increased emotional sensitivity with a strong reaction to setbacks, not only the content of recommendations but also the manner in which they are delivered is important: excessively restrictive or categorical dietary requirements may reduce adherence to the program, so supportive communication and the avoidance of excessive restrictions are advisable; specific behavior-change techniques for such support (action planning, self-monitoring, gradual goal-setting) are described in detail in the review by Power et al. [25]. The correspondences presented here are conceptual in nature and do not constitute a clinical algorithm for prescribing a diet.

Accordingly, this model consistently combines the clinical, nutritional, behavioral, psychological, and sensory levels of support, as well as a level of outcome monitoring, within whose structure temperament is positioned not at the level of determining nutritional needs, but at the level of adapting behavioral strategy and the manner of implementing recommendations.

The first stage should be an assessment of actual dietary intake. It is advisable to determine the meal schedule, the nature of snacking, the frequency of vegetable and fruit consumption, protein sources, the amount of foods high in added sugar and saturated fat, and the pattern of food intake in response to stress or negative emotions. The next step is to establish a basic dietary model, the foundation of which should consist of a variety of plant-based foods, sources of complete protein, and foods high in dietary fiber and beneficial unsaturated fats. In the absence of medical contraindications, it is advisable to bring the diet closer to the principles of the Mediterranean dietary model, for which a substantial body of evidence has accumulated

regarding positive effects on overall health and potential improvement of psychoemotional status [16, 20]. Particular attention should be paid to meal regularity, since prolonged intervals between meals, chaotic eating patterns, and the replacement of complete meals with sweet or high-calorie snacks may sustain an unfavorable pattern of eating behavior; a large-scale population study by Tae and Chae, involving a sample of more than 21,000 adults, demonstrated that greater irregularity of main meals is associated with increased odds of depressive symptomatology, with this association being attenuated by high dietary diversity and intensified by breakfast skipping [26].

Within the structure of basic principles, spices should be used as a means of diversifying a healthy diet, since their use can enhance the palatability of dishes and help avoid dietary monotony. In doing so, several principles should be observed: spices should be used in culinary amounts appropriate to individual tolerance, and they should not be regarded as a substitute for pharmacological treatment. Saffron and turmeric are the most promising spices given the availability of current clinical research [7–10]; however, they should be regarded specifically as dietary components, whereas standardized preparations require separate evaluation by a physician.

In the proposed model, temperament is not used to determine a medical diet — its significance lies in the choice of the manner of communication and the implementation of dietary changes. For example, a patient prone to impulsive decisions may benefit from advance menu planning and the preparation of a ready set of healthy snacks. A person who adapts to change with difficulty is better offered a gradual introduction of new foods rather than an abrupt restructuring of the entire diet. For a patient who quickly grows tired of monotony, greater variability of dishes, while maintaining the same basic dietary principles, may be beneficial. In cases of increased emotional sensitivity, supportive communication and the avoidance of excessively categorical dietary prohibitions become particularly important. Thus, personalization based on temperament concerns primarily the manner in which recommendations are implemented, rather than the formulation of a separate «diet for a specific temperament».

The practical implementation of the proposed approach should proceed sequentially. At the clinical assessment stage, the specialist determines the primary condition, comorbid pathology, and existing constraints, thereby ensuring the safety

of subsequent recommendations. At the dietary history stage, the patient's actual diet and eating schedule are assessed, allowing the main problems to be identified. Behavioral assessment is aimed at identifying emotional overeating, impulsivity, and skipped meals, and allows behavioral barriers to be established. The next stage of personalization involves taking into account the patient's taste preferences, habits, and individual characteristics in order to increase the feasibility of the recommendations. At the dietary-formulation stage, the basic healthy dietary structure is determined, ensuring nutritional adequacy. Sensory adaptation consists of using spices and various cooking methods to increase the appeal of the diet. Behavioral adaptation involves selecting the pace and manner of implementing changes in order to improve patient adherence, while the final monitoring stage allows timely assessment of tolerance and adherence to recommendations, with the support program adjusted as needed.

CONCLUSIONS

1. Nutrition is an important component of comprehensive care for patients with psychosomatic diseases: psychoemotional stress can substantially alter eating behavior, and dietary quality — including the degree of industrial food processing and meal regularity — is consistently associated with overall psychoemotional status.

2. One of the probable biological mechanisms underlying this relationship is the microbiota-gut-brain axis, together with related inflammatory and neuroplastic processes, which supports the biological plausibility of the observed associations.

3. Spices should be regarded as a functional component of a healthy diet and a tool for its sensory personalization, rather than as a substitute for pharmacotherapy or psychotherapy; findings obtained with standardized extracts of saffron and curcumin cannot be directly extrapolated to culinary doses of spices, given the substantial differences in the bioavailability of active components.

4. Temperament cannot be used as an independent criterion for prescribing a specific spice or diet. Its potential practical significance lies in the possibility of adapting the manner of communication, the pace of dietary habit change, and the behavioral strategy for implementing recommendations, in particular by relying on evidence-based behavior-change techniques.

5. The proposed multilevel model of nutritional support combines clinical assessment, nutritional adequacy, behavioral and psychological adapta-

tion, sensory personalization, and monitoring. Its effectiveness requires further verification in prospective clinical studies.

A promising direction for further research is the conduct of prospective studies evaluating the effectiveness of personalized nutritional support depending on patients' individual psychological characteristics. Of particular interest is the development of a standardized algorithm for assessing eating behavior, adherence to recommendations, and the approach to adapting dietary changes. It is also advisable to study the role of spices as a means of enhancing the sensory appeal of a healthy diet.

REFERENCES

- Hill D, Conner M, Clancy F, Moss R, Wilding S, Bristow M, *et al.* Stress and eating behaviours in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Health Psychol Rev.* 2022;16(2):280–304. doi: <https://doi.org/10.1080/17437199.2021.1923406>
- Loughman A, Staudacher HM, Rocks T, Ruusunen A, Marx W, O'Neil A, *et al.* Diet and mental health. In: Cowan CSM, Leonard BE, editors. *Microbes and the mind: the impact of the microbiome on mental health*. Basel: Karger; 2021. p. 100–12. (Modern Trends in Psychiatry; vol. 32). doi: <https://doi.org/10.1159/000510422>
- Shyam S, Lee KX, Tan ASW, Khoo TA, Harikrishnan S, Lalani SA, *et al.* Effect of personalized nutrition on dietary, physical activity, and health outcomes: a systematic review of randomized trials. *Nutrients.* 2022;14(19):4104. doi: <https://doi.org/10.3390/nu14194104>
- Cross V, Stanford J, Gomez-Martin M, Collins CE, Robertson S, Clarke ED. Do personalized nutrition interventions improve dietary intake and risk factors in adults with elevated cardiovascular disease risk factors? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev.* 2025;83(7):e1709–21. doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae149>
- Lau Y, Wong SH, Chee DGH, Ng BSP, Ang WW, Han CY, *et al.* Technology-delivered personalized nutrition intervention on dietary outcomes among adults with overweight and obesity: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Obes Rev.* 2024;25(5):e13699. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13699>
- Petersen KS, Davis KM, Rogers CJ, Proctor DN, West SG, Kris-Etherton PM. Herbs and spices at a relatively high culinary dosage improves 24-hour ambulatory blood pressure in adults at risk of cardiometabolic diseases: a randomized, crossover, controlled-feeding study. *Am J Clin Nutr.* 2021;114(6):1936–48. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab291>
- Mahmoudi R, Mohammadi-Sartang M, Servatyari K, Rafieipour N. Effect of saffron on depression, anxiety and mood disorder: a GRADE assessed systematic review and meta-analysis of 34 randomized controlled trials. *Nutr Neurosci.* 2026;29(7):816–37. doi: <https://doi.org/10.1080/1028415X.2025.2602153>
- Shafiee A, Jafarabady K, Seighali N, Mohammadi I, Rajai Firouz Abadi S, Soltani Abhari F, *et al.* Effect of saffron versus selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs) in treatment of depression and anxiety: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev.* 2025;83(3):e751–61. doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae076>
- Wang Z, Zhang Q, Huang H, Liu Z. The efficacy and acceptability of curcumin for the treatment of depression or depressive symptoms: a systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord.* 2021;282:242–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.12.158>
- Musazadeh V, Faghfour AH, Falahatzadeh M, Mahmoudinezhad M, Alizadeh M, Shidfar F. Efficacy of curcumin in depression: a grade-assessed systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Gen Psychiatry.* 2026 Jul 19. doi: <https://doi.org/10.1186/s12991-026-00676-z>
- Heidari H, Bagherniya M, Majeed M, Sathyapalan T, Jamialahmadi T, Sahebkar A. Curcumin-piperine co-supplementation and human health: a comprehensive review of preclinical and clinical studies. *Phytother Res.* 2023;37(4):1462–87. doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.7737>
- Mackonochie M, Rodriguez-Mateos A, Mills S, Rolfe V. A scoping review of the clinical evidence for the health benefits of culinary doses of herbs and spices for the prevention and treatment of metabolic syndrome. *Nutrients.* 2023;15(23):4867. doi: <https://doi.org/10.3390/nu15234867>
- Huang Y, Petersen KS, Kris-Etherton PM, Edirisinghe I, Sandhu AK, Burton-Freeman BM. Phytochemicals from herbs and spices: their absorption, metabolism, and relationship to clinical outcomes. *Nutr Rev.* 2026;84(Suppl 1):29–36. doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuag022>
- Esposito CM, Ceresa A, Buoli M. The association between personality traits and dietary choices: a systematic review. *Adv Nutr.* 2021;12(4):1149–59. doi: <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa166>
- Komasi S, Rezaei F, Hemmati A, Rahmani K, Amianto F, Miettunen J. Comprehensive meta-analysis of associations between temperament and character traits in Cloninger's psychobiological theory and mental disorders. *J Int Med Res.* 2022;50(1):3000605211070766. doi: <https://doi.org/10.1177/03000605211070766>
- Firth J, Gangwisch JE, Borsini A, Wootton RE, Mayer EA. Food and mood: how do diet and nutrition affect mental wellbeing? *BMJ.* 2020;369:m2382. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m2382>
- Jacka FN, O'Neil A, Opie R, Itsiopoulos C, Cotton S, Mohebbi M, *et al.* A randomised controlled trial of dietary improvement for adults with major depression (the 'SMILES' trial). *BMC Med.* 2017;15(1):23. doi: <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0791-y>
- Firth J, Marx W, Dash S, Carney R, Teasdale SB, Solmi M, *et al.* The effects of dietary improvement on symptoms of depression and anxiety: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychosom Med.* 2019;81(3):265–80. doi: <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000673>
- Lassale C, Batty GD, Baghdadli A, Jacka F, Sánchez-Villegas A, Kivimäki M, *et al.* Healthy dietary in-

- rices and risk of depressive outcomes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Mol Psychiatry*. 2019;**24**(7):965–86.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-018-0237-8>
20. Bizzozero-Peroni B, Martínez-Vizcaíno V, Fernández-Rodríguez R, Jiménez-López E, Núñez de Arenas-Arroyo S, Saz-Lara A, *et al*. The impact of the Mediterranean diet on alleviating depressive symptoms in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev*. 2025;**83**(1):29–39.
doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad176>
 21. Lane MM, Gamage E, Travica N, Dissanayaka T, Ash-tree DN, Gauci S, *et al*. Ultra-processed food consumption and mental health: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrients*. 2022;**14**(13):2568.
doi: <https://doi.org/10.3390/nu14132568>
 22. Cryan JF, O’Riordan KJ, Cowan CSM, Sandhu KV, Bastiaanssen TFS, Boehme M, *et al*. The microbiota-gut-brain axis. *Physiol Rev*. 2019;**99**(4):1877–2013.
doi: <https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2018>
 23. Horn J, Mayer DE, Chen S, Mayer EA. Role of diet and its effects on the gut microbiome in the pathophysiology of mental disorders. *Transl Psychiatry*. 2022;**12**(1):164.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41398-022-01922-0>
 24. Marx W, Lane M, Hockey M, Aslam H, Berk M, Walder K, *et al*. Diet and depression: exploring the biological mechanisms of action. *Mol Psychiatry*. 2021;**26**(1):134–50.
doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-020-00925-x>
 25. Power D, Jones A, Keyworth C, Dhir P, Griffiths A, Shepherd K, *et al*. Emotional eating interventions for adults living with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of behaviour change techniques. *J Hum Nutr Diet*. 2025;**38**(1):e13410.
doi: <https://doi.org/10.1111/jhn.13410>
 26. Tae H, Chae JH. Irregular meal frequency and depressive symptoms: moderating roles of dietary diversity and breakfast skipping. *J Affect Disord*. 2026;**404**:121417.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2026.121417>

ФІНАНСУВАННЯ

Це дослідження не отримувало цільового фінансування від державних, комерційних або некомерційних організацій.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Генеративний штучний інтелект не використовувався для створення наукового тексту, результатів дослідження, висновків або аналізу даних.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

АНИСТРАТЕНКО Тетяна: концептуалізація, дослідження, формальний аналіз; написання — оригінальна чернетка; написання — рецензування та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-6242>
e-mail: persiket@ukr.net

Отримано: 18.08.2026
Прийнято до друку: 17.09.2026
Опубліковано: 30.09.2026

FUNDING

This study did not receive targeted funding from any state, commercial, or non-commercial organizations.

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

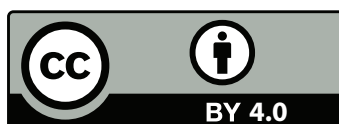
USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence was not used to generate scientific text, research results, conclusions, data analysis.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

ANISTRATENKO Tetiana: conceptualization, investigation, formal analysis; writing — original draft; writing — review & editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-6242>
e-mail: persiket@ukr.net

Received: 18.08.2026
Accepted: 17.09.2026
Published: 30.09.2026



ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
З ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОЇ ЕКОЛОГІЇ,
ГІГІЄНИ, ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

ЗАСНОВНИК:

Державна установа
«Інститут громадського здоров'я
ім. О.М. Марзєєва Національної
академії медичних наук України» —
це стійкий науковий заклад України
з профілактичною спрямованістю,
заснований у 1931 році.

Його головна мета — захист
населення від несприятливого впливу
хімічних, фізичних, біологічних
та соціальних факторів.

ENVIRONMENT & HEALTH

A SCIENTIFIC JOURNAL
ADDRESSING MEDICAL ECOLOGY,
HYGIENE, PUBLIC HEALTH,
AND ENVIRONMENTAL SAFETY

FOUNDER:

State Institution
«Marzieiev Institute for Public Health
of the National Academy
of Medical Science of Ukraine»
is a sustainable institution committed
to preventive public health research,
founded in 1931.

Its main goal is to protect
the population from the adverse
effects of chemical, physical,
biological, and social factors.

