

ISSN 2786-6955

UDC 57:54:664

2

B H T 2025

BIOTA. HUMAN. TECHNOLOGY

International Scientific Journal

Electronic Edition





BHT

2025 | 2

International Scientific Journal

This is an international open-access, peer-reviewed electronic journal founded by the T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium".

The Journal publishes original research papers, review articles and short communication papers in the fields of Biological Sciences, Health, Food and Chemical Technologies.

The journal Biota. Human. Technology is included in the List of specialized scientific publications of Ukraine (category "B") in biological and technical sciences, in specialties **091 (Biology and biochemistry)**, **101 (Ecology)**, **161 (Chemical technologies and engineering)** (the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 220 of February 21, 2024), **181 (Food technologies)** (the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 582 of April 24, 2024).

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors.

The Editorial Office and Board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

The journal is governed by the provisions of an open permissive license [Creative Commons Attribution 4.0 \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Journal is indexed in databases and search engines:

Crossref ROAD WorldCat Simon Fraser University Library

V.I. Vernadskiy National Library of Ukraine EuroPub

Google Scholar ICI Journals Master List (2023)

Languages: English, Polish, Ukrainian

Frequency: 3 numbers a year

Founder: T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"

Publisher: T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"

Address of Editorial Office: 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Tel. +38(067)507-8805 (Oleksandr Lukash)

Email: bht.journal.nuchc@gmail.com

EDITORIAL BOARD

Oleksandr V. LUKASH
(Editor-in-Chief)

T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Ukraine
Doctor of Biological Sciences, Professor

Iryna M. KURMAKOVA
(Deputy Editor-in-Chief)
Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Olga I. SYZA
(Deputy Editor-in-Chief)
Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Józef ANTONOWICZ
Doctor of Technical Sciences, Professor
Pomeranian University in Slupsk, Poland

Olena S. BONDAR
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National
University “Chernihiv Colehium”,
Ukraine

Yulia V. BONDARENKO
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine “Igor
Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Olena E. CHYHYRYNETZ
Doctor of Technical Sciences, Professor
National Technical University of Ukraine “Igor
Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Nataliia R. DEMCHENKO
Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Natalia V. GREVTSEVA
Ph.D. in Technical Sciences, Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Vasyl V. HRUBINKO
Doctor of Biological Sciences, Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University, Ukraine

Yuri O. KARPENKO
Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Olena Yu. KUPCHYK
Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Natalia M. KURCHALUK
Doctor of Biological Sciences, Professor
Pomeranian University in Slupsk, Poland

Svitlana V. KYRIIENKO
Ph.D. in Biological Sciences
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Nadiia V. LAPITSKA
Ph.D. in Technical Sciences
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Halina M. TKACZENKO
(Deputy Editor-in-Chief)
Doctor of Biological Sciences, Professor
Pomeranian University in Slupsk, Poland

Nataliia V. TKACHUK
(Deputy Editor-in-Chief, Managing Editor)
Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Anatoliy LEVANETS
PhD in Biological Sciences
North-West University, South Africa

Olga B. MEKHED
Doctor of Pedagogical Sciences,
Ph.D. in Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Tetiana V. MOROZOVA
Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
National Transport University,
Kyiv, Ukraine

Svitlana H. OLIINYK
Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Lee T. OSTROM
Ph.D., Professor
University of Idaho, USA

Kateryna V. RUBANKA
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National University of Food Technologies, Ukraine

Olga V. SAMOKHVALOVA
Ph.D. in Technical Sciences, Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Olesia M. SAVCHENKO
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, Ukraine

Mariia I. SHANAIDA
Doctor in Pharm. Sciences, Associate Professor,
Ph.D. in Biological Sciences
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Nataliia O. SMOLIAR
Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
National University “Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic”, Ukraine

Stepan N. VADZYUK
Doctor of Medical Sciences, Professor
I. Horbachevsky Ternopil National Medical
University, Ukraine

Viktoria I. VOROBYOVA
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Liubov B. ZELENA
Ph.D. in Biological Sciences, Senior Research Fellow
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology
and Virology, NAS of Ukraine, Ukraine

Foreword from the Editor-in-Chief

There is no need to convince readers of the first our issue that the natural environment is created and maintained by living organisms, the totality of which is biota. The study of the diversity of living, which began since the day of Hippocrates, Aristotle, and Theophrastus, has not lost its relevance in the modern scientific world.

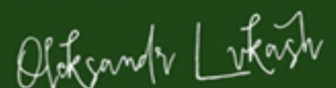
In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies.

The biota, for which there are no administrative boundaries, compensates for any environmental disturbances that do not exceed the threshold of destruction of the biota itself. This implies the need for international cooperation in various fields of living research. In order to bring together scholars who study different aspects of biotic potential of the environment and its conservation, we are launching the international scientific journal Biota. Human. Technology. We are the part of the Editorial Board of the Journal attracted scientists from different countries, who carry out scientific research in various fields of Biology, Ecology, Health, Food and Chemical Technologies.

We expect from our potential authors original articles dedicated to the results of diverse studies of living matter at different levels of the organization – from molecular to biosphere. We look forward to articles on the problems of the functioning of biological systems (including the human body), biodiversity protection of the environment, as well as healthy human nutrition and technological processes.

The BHT Journal pages always have a place to cover the results of scientific discussions which were made by researchers from all the world.

Respectfully Yours,
Prof. O. Lukash



CONTENTS

PHYTOBIOTA ФІТОБІОТА

Юлія Ступак

**МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПОШИРЕННЯ ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ *ULMUS PUMILA* L.
ПОБЛИЗУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ**

Yuliia Stupak

**METHODS OF CONTROLLING THE SPREAD OF THE INVASIVE SPECIES
ULMUS PUMILA L. NEAR RAILWAY TRACKS**

[in Ukrainian]

-8-

MAN AND HIS HEALTH ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

**ODDAWANIE KRWI – ISTOTNA PRAKTYKA W TERAPII I RATOWANIU ŻYCIA:
KORZYŚCI ZDROWOTNE I WPŁYW NA DOBRE SAMOPÓCZUCIE**

Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

**BLOOD DONATION – A VITAL PRACTICE IN THERAPY AND LIFE-SAVING:
HEALTH BENEFITS AND IMPACT ON WELL-BEING**

[in Polish]

- 19 -

Nataliia Tkachuk, Mariia Koroid

**PHYTOTEST ASSESSMENT OF POTENTIAL HEALTH RISKS TO CHILDREN
FROM USING SECOND-HAND AND STOCK CLOTHING
WASHED WITH SYNTHETIC DETERGENTS**

Наталія Ткачук, Марія Короїд

**ОЦІНКА ЗА ФІТОТЕСТОМ ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОДЯГУ «СЕКОНД ХЕНД» ТА СТОКОВОГО ОДЯГУ,
ВИПРАНОГО СИНТЕТИЧНИМИ МИЮЧИМИ ЗАСОБАМИ**

[in English]

- 53 -

 ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION
OF ECOSYSTEMS

**АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ
ЕКОСИСТЕМ**

Алла Жиденко, Вікторія Паперник

СЕЗОННИЙ МОНІТОРИНГ ВОДИ Р. ДЕСНА УПРОДОВЖ 2024 РОКУ

Alla Zhydenko, Viktoriya Papernyk

SEASONAL MONITORING OF DESNA RIVER WATER DURING 2024

[in Ukrainian]

- 67 -

Наталія Бублієнко, Оксана Салавор, Ольга Тогачинська, Оксана Ничик

**РОЗРАХУНКИ ПРИДАТНОСТІ СТИЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
ДО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ**

Natalia Bubliencko, Oksana Salavor, Olga Togachynska, Oksana Nychyk

**CALCULATIONS OF THE SUITABILITY OF FOOD INDUSTRY WASTEWATER
FOR BIOLOGICAL TREATMENT**

[in Ukrainian]

- 78 -

Андрій Котельчук, Олена Бондар, Оlesia Савченко, Ірина Курмакова,

Леонід Котельчук, Олена Рибалочко, Аліна Руденко

**ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД КІПТИВСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ
(ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

Andriy Kotelchuk, Olena Bondar, Olesya Savchenko, Iryna Kurmakova, Leonid

Kotelchuk, Olena Rybalochko, Alina Rudenko

**THE QUALITY OF GROUNDWATER OF KIPTIVSKA RURAL TERRITORIAL COMMUNITY
(CHERNIHIV REGION)**

[in Ukrainian]

- 85 -

 FOOD TECHNOLOGIES
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Софія Черненко

**РОЗРОБКА ПОРОШКОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЮ
З ІНГРЕДІЄНТАМИ, ЩО СПРИЯЮТЬ
ПІДВИЩЕННЮ КОНГНІТИВНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ**

Sofia Chernenko

**DEVELOPMENT OF A POWDER MIXTURE FOR PREPARING A DRINK WITH
INGREDIENTS THAT PROMOTE INCREASE COGNITIVE ENDURANCE**

[in Ukrainian]

- 96 -

 CHEMICAL TECHNOLOGIES
ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Віктор Янченко, Олена Бондар, Ольга Сидоренко, Наталія Ясна

**КВАНТОВО-ХІМІЧНІ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОХІДНИХ 6-АРИЛАМІНО-7Н-[1,2,4]ТРИАЗОЛО[3,4-В][1,3,4]ТІАДІАЗИНУ**

Viktor Yanchenko, Olena Bondar, Olha Sydorenko, Nataliia Yasna

**QUANTUM CHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF 6-ARYLAMINO-7H-[1,2,4]TRIAZOLO[3,4-B][1,3,4]THIADIAZINES DERIVATIVES**

[in Ukrainian]

- 110 -

 INSTRUCTIONS FOR AUTHORS
КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ

- 123 -



РНУТОВІОТА

ΦΙΤΟΒΙΟΤΑ





Copyright (c) 2025 Yuliia Stupak

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Юлія Ступак

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПОШИРЕННЯ ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ *ULMUS PUMILA* L. ПОБЛИЗУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ



Yuliia Stupak

METHODS OF CONTROLLING THE SPREAD OF THE INVASIVE SPECIES *ULMUS PUMILA* L. NEAR RAILWAY TRACKS

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Дослідити ефективність різних методів контролю поширення інвазійного виду *Ulmus pumila* L. уздовж залізничних колій в умовах Чернігівської області (механічних, ручних та хімічних).

Методологія. У межах дослідження нами було проведено застосування трьох основних методів контролю інвазійного виду *U. pumila*, а саме: механічний метод, що полягав у скошуванні надземної частини рослин; ручний метод, зокрема обрізання молодих пагонів із використанням ручної пилики; хімічний метод, який передбачав локальну обробку гербіцидом (моноамонійна сіль гільфосату) окремих пагонів. Дослідження ефективності даних методів проводилися на трьох ділянках розміром 3 × 2 м кожна, де застосувалися різні методи боротьби. Ефективність даних методів оцінювалася на основі змін у популяції рослин досліджуваного виду на кожній окремій ділянці.

Наукова новизна полягає у порівнянні ефективності різних методів контролю інвазійних видів рослин, зокрема *U. pumila*, в умовах зростання біля залізничних колій на південно-західній околиці м. Чернігова. У межах цієї роботи вперше проведено порівняльний аналіз механічного, ручного та хімічного контролю поширення інвазійного виду.

Висновки. Встановлено, що механічний метод є найбільш перспективним та найбільш безпечним для контролю популяції *U. pumila* в умовах досліджуваного регіону. Хімічний метод також продемонстрував високу ефективність, проте є економічно затратним і несе ризики негативного впливу на екосистему. Ручний метод, який передбачає ручне обрізання молодих пагонів, виявився найменш ефективним через значні витрати часу та неможливість повного видалення всіх молодих паростків. Для досягнення стійкого результату важливо враховувати можливість комбінування різних методів, що дозволить досягти більш тривалого ефекту. Водночас, необхідні подальші дослідження для оцінки довгострокової ефективності кожного з методів.

Ключові слова: інвазійний вид, фітоінвазія, *Ulmus pumila* L., контроль популяцій, методи боротьби з інвазіями

ABSTRACT

Purpose of the work. To investigate the effectiveness of various methods of controlling populations of invasive species, in particular mechanical, manual method and chemical methods of controlling the spread of the invasive species *Ulmus pumila* L.

Methodology. Within the framework of the study, we applied three main methods of controlling the invasive species *U. pumila*, namely: a mechanical method, which consisted in mowing the above-ground part of plants; a manual method, in particular, pruning young shoots using a hand saw; a chemical method, which involved local treatment with herbicide (monoammonium salt of glyphosate) of individual shoots. Studies of the effectiveness of these methods were carried out on three plots measuring 3 × 2 m each, where different control methods were used. The effectiveness of these methods was assessed based on changes in the population of plants of the studied species in each individual plot.

Scientific novelty. Comparison of the effectiveness of various methods of controlling invasive plant species, in particular *U. pumila*, in growing conditions near railway tracks on the southwestern outskirts of the city of Chernihiv. For the first time, this work has carried out a comparative analysis of mechanical, manual and chemical methods for controlling the spread of an invasive species.

Conclusions. It was established that the mechanical method is the most promising and safest for controlling the *U. pumila* population in the conditions of the studied region. The chemical method also demonstrated high efficiency, but is economically expensive and carries risks of negative impact on the ecosystem. The manual method, which involves manual pruning of young shoots, turned out to be the least effective due to significant time costs and the impossibility of completely removing all young shoots. To achieve a sustainable result, it is important to consider the possibility of combining different methods, which will allow achieving a longer-lasting effect. At the same time, further research is needed to assess the long-term effectiveness of each method.

Key words: invasive species, phyt invasion, *Ulmus pumila* L., population control, methods of combating invasions

Постановка проблеми

Однією з головних загроз для екосистем сьогодення є швидке поширення інвазійних чужорідних видів (Gentili et al., 2021). На інвазію рослин в основному впливають прямі (наприклад, шляхом транспортування рослин) або непрямі (наприклад, шляхом зміни землекористування) дії людини, які передбачають переміщення рослин по всьому світу для різних цілей (Lorenzo & Morais, 2023). У чисельних дослідженнях вивчалися переважно інвазійні види трав'янистих рослин, проте чимало інвазійних видів і серед деревних порід. Понад 700 деревних порід у світі є інвазійними (Hirsch et al., 2017) і становлять серйозну загрозу для місцевих екосистем (Hejda et al., 2017). Чужорідні види дерев можуть заважати природному відновленню рослинного покриву, безпосередньо стримуючи та пригнічуючи ріст місцевих рослин через формування щільного самосіву. Крім того, вони обмежують розвиток низькорослих аборигенних рослин, формуючи над ними деревостан і тим самим створюючи затінок (Dyderski & Jagodziński, 2020).

Тут слід навести інформацію про інвазію виду в Україні з посиланнями на доступні джерела. Одним із таких видів у флорі України є *Ulmus pumila* L. (*Ulmaceae*). Зокрема, його експансія спричиняє витіснення природної степової рослинності, зокрема угруповань класу *Festuco-Brometea*, навіть у зоні Степу, на територіях природоохоронного значення, таких як відділення Луганського природного заповідника «Стрільцівський степ» та природний заповідник «Єланецький степ» (Zavialova et al., 2021). Також окремі популяції цього виду виявлено у природній зоні Лісостепу – в межах національного природного парку «Подільські Товтри», що свідчить про розширення ареалу та адаптивний потенціал, цього інвазійного виду, в різних

екологічних умовах України (Lyubinska & Matvieiev, 2021).

Значне розповсюдження цього виду зафіксовано уздовж залізничних колій на південно-західному заході Чернігова. З'ясовано, що *U. pumila* був інтродукований у цій місцевості наприкінці 1960-х років для формування захисної лінії від вітрів для залізниці.

U. pumila – це листопадне дерево невеликого або середнього розміру, яке часто набуває вигляду чагарника. Цвітіння відбувається всередині весни, ще до появи листя, подібно до інших видів родини *Ulmaceae*. Цей вид здатний до самозапилення, що забезпечує успішне утворення плодів (Hort et al., 2015). Інвазійна особливість *U. pumila* полягає в тому, що він може швидко поширюватися на нових територіях всього за кілька років. (Hirsch et al., 2017). Це зумовлено його адаптивністю, стійкістю до змін температур, високою швидкістю утворення та проростання насіння, а також швидким ростом. (Reynolds et al., 2022).

Саме тому дослідження методів контролю поширення *U. pumila* є надзвичайно актуальним. Науковці активно вивчають вплив цього інвазійного виду на екосистеми та розробляють стратегії його контролю. Зокрема, Linders et al. (2019) розглядають загальні механізми інвазійності деревних рослин та їхній вплив на біорізноманіття. Інші дослідники, такі як Lorenzo & Morais (2023) та Weidlich et al. (2020), аналізували стратегії управління інвазійними деревами та розглядали такі методи контролю, зокрема механічні та хімічні методи контролю інвазійних чужорідних рослин. Gala-Czekaj et al. (2021) досліджували механічний метод (скошування) як метод контролю поширення інвазійних видів. United States Forest Service Southwestern Region розробили низку рекомендацій, у яких наводяться методи контролю *U. pumila* (USDA, 2017).

У даному дослідженні термін «методи контролю» вживається у значенні практичних дій, спрямованих на обмеження поширення інвазійного виду *U. pumila*. Оскільки в низці сучасних українських наукових публікацій цей термін уживається як усталений (Chernysh, 2023; Danko et al., 2024; Mosyakin, 2012), його використання вважається цілком обґрунтованим.

Для боротьби з інвазійними видами застосовуються такі основні методи: механічний, ручний, хімічний, біологічний, а також їх комбінація (Leslie & Westbrooks, 2012). Застосування кожного методу залежить від виду, ступеня інвазії, характеристик середовища існування та ефективності методів контролю (Verbrugge et al., 2019).

Механічний метод передбачає фізичне видалення інвазійних видів з екосистеми. (Chernysh, 2023). До основних механічних методів контролю інвазійних видів належать регулярне скошування їх надземних частин, що знижує фотосинтетичну активність і перешкоджає утворенню насіння; викопування рослин разом із кореневою системою, що є результативним способом боротьби з багаторічними видами, здатними до відновлення з корневих фрагментів; контрольоване випалювання небажаної рослинності; а також механічна обробка ґрунту, зокрема оранка або дискування (Danko et al., 2024). Такий підхід є ефективним у випадках, коли популяції інвазійних видів є незначними за чисельністю або коли вони ростуть на ділянках, що піддаються фізичному обробітку. Однак цей метод найчастіше потребує комбінування з іншими підходами, зокрема хімічними чи біологічними, для досягнення стійких результатів (Chernysh, 2023).

Хімічний метод боротьби з інвазійними видами полягає в застосуванні хімічних речовин, зокрема гербіцидів, для контролю чисельності небажаних рослин. Однією з основних переваг цього методу є його висока ефективність, що дозволяє швидко та результативно знищувати великі площі інвазійних рослин, що є критично важливим для сільськогосподарських угідь та природоохоронних територій. Крім того, хімічний метод дозволяє ефективно боротися з багаторічними видами рослин, що мають розвинену кореневу систему, яка є складною для видалення за допомогою механічних

методів (Weidlich et al., 2020; Mosyakin, 2012; Chernysh, 2023). Проте, незважаючи на свою високу ефективність, хімічний метод має значні недоліки. Одним із основних є ризик хімічного забруднення навколишнього середовища, що може призвести до негативного впливу на інші види рослинності, а також на фауну. Це створює необхідність обережного та обґрунтованого використання хімічних препаратів для мінімізації шкоди природним екосистемам.

Ручний метод передбачає фізичне видалення інвазійних рослин за допомогою витягування, обрізання або мульчування. Це один із найпростіших та найоперативніших способів боротьби з молодими пагонами інвазійних видів. Для цього зазвичай застосовують ручні інструменти, зокрема секатори, лопати, сучкорізи та пилки, які дозволяють ефективно зрізати або викопувати рослини (Miller et al., 2015).

Біологічний метод боротьби з інвазійними видами полягає в застосуванні природних механізмів, таких як конкуренція між організмами, з метою відновлення екологічного балансу. Один із найбільш ефективних способів цього підходу – використання природних ворогів або конкурентних видів рослин для контролю популяції інвазійних видів. Для цього застосовуються паразитичні гриби, бактерії, комахи та інші організми, здатні жити на інвазійних рослинах. Цей метод є екологічно безпечним, оскільки не спричиняє забруднення навколишнього середовища (Danko et al., 2024). Також до біологічних методів контролю можна віднести випас худоби. (USDA, 2017).

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилось у червні та серпні 2024 року на південно-західній околиці м. Чернігова, вздовж залізничних колій, де виявлено активне поширення інвазійного виду *U. pumila*. Для проведення дослідження було вибрано три дослідні ділянки розміром 3×2 м (саме такий розмір експериментальних ділянок було визначено з урахуванням просторових особливостей досліджуваної території (смуги вздовж залізничних колій)), на кожній з яких застосовувався один із методів контролю популяції виду. Варто зазначити, що саме такий формат ділянок дозволяє забезпечити належну репрезентативність даних, зберіга-

ючи водночас ергономічність для зручного застосування методів контролю.

У межах дослідження були апробовані наступні методи: механічний метод – скошування надземної частини рослин; ручний метод – ручне обрізання молодих пагонів за допомогою акумуляторної пилки та секатора; хімічний метод – рівномірне обприскування надземної частини рослини гербіцидом (моноамонійна сіль гліфосату).

Під час першого етапу дослідження (червень 2024 р.) на одній з ділянок (№1) вже було здійснено ручне обрізання пагонів

Ulmus pumila за допомогою секатора та ручної пилки. Дві інші ділянки (№2 та №3) на той момент були скошені працівниками залізниці в рамках регламентного обслуговування і догляду за територією залізничних колій.

У серпні 2024 р. під час повторного етапу дослідження було здійснено скошування на ділянці № 1, обрізання пагонів на ділянці № 2 (рис. 1) та хімічну обробку *U. pumila* (ділянка № 3).



Рис. 1. Проведення обрізання пагонів *Ulmus pumila* за допомогою акумуляторної пилки та секатора (серпень 2024 р.)

Хімічна обробка полягала в рівномірному обприскуванні надземної частини рослин *U. pumila* гербіцидним препаратом на основі моноамонійної солі гліфосату. Обробку проводили вручну за допомогою пневматичного обприскувача, у безвітряну погоду з дотриманням рекомендованої концентрації та заходів безпеки.

Гліфосат – це хімічна сполука з групи фосфонатів (солі фосфітної кислоти, наприклад ізопропіламінна сіль) і є основним компонентом найпоширеніших біологічно активних системних гербіцидів широкого спектру дії та займає перше місце серед гербіцидів. Основною діючою речовиною є сам гліфосат, який є натуральним амінокислотним гербіцидом. Він має хімічну формулу $C_3H_8NO_5P$ та систематичне ім'я N-(fosfometil) гліцин (Kolodeeva & Andrienko, 2023). Застосування гербіциду здійсню-

валося саме в цей період з урахуванням сезонної активізації метаболічних процесів у рослин, зокрема посиленого транспорту речовин до кореневої системи, що підвищує ефективність поглинання та дії гербіцидних препаратів.

Оцінювання ефективності методів здійснювалося за візуальними змінами популяції *U. pumila* на дослідних ділянках, зокрема за кількістю нових відрослих пагонів після застосування кожного методу.

Результати дослідження та обговорення

У ході дослідження було випробувано три методи контролю поширення інвазійного виду *U. pumila* поблизу залізничних колій.

Механічний метод (ділянка №2) (рис. 2), що полягав у скошуванні надземної частини

показав найбільшу ефективність. Результати після двох тижнів застосування методу представлено на рис. 3, на якому видно декілька молодих зелених пагонів, які проростають із основи зрізаних стебел. Це свідчить про здатність *U. pumila* до регенерації. Незважаючи на часткову регенерацію пагонів, загальна кількість нових ростків є невеликою, що свідчить про стриманий ріст. Більшість пагонів обрізані

та не демонструють інтенсивного відновлення, особливо у порівнянні з тими результатами, які могли бути після ручного методу. Цей метод сприяв значному зменшенню кількості нових пагонів, що вказує на високу ефективність при боротьбі з інвазійним видом. Варто зазначити, що цей метод забезпечує стабільне обмеження росту рослин за умови систематичного застосування.

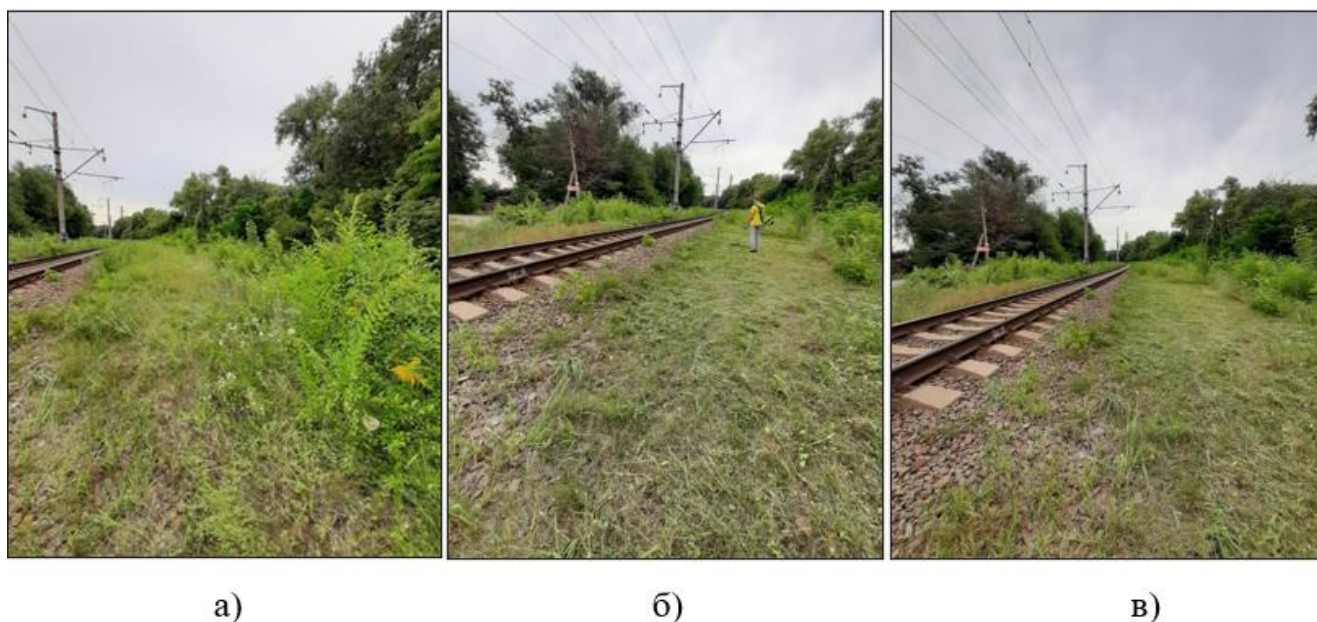


Рис. 2. Проведення механічного методу контролю поширення *U. pumila* (серпень 2024 р.): а) – до скошування; б) – процес скошування; в) після скошування



Рис. 3. Стан пагонів *U. pumila* через два тижні після застосування механічного методу контролю (скошування)

Хімічний метод (ділянка № 3) (рис. 4), що полягав в рівномірному обприскуванні надземної частини рослин *U. pumila* гербі-

цидним препаратом на основі моноамонійної солі гліфосату, також продемонстрував високу ефективність.



Рис. 4. Процес застосування хімічного методу контролю поширення *U. pumila*

На рис. 5 показано стан *U. pumila* через два тижні після хімічного оброблення гербіцидом (моноамонійна сіль гліфосату), спостерігаються характерні ознаки дії хімічного методу, а саме: помітні скручені та почорнілі листки на кінцях пагонів, деяке зів'янення та висихання верхівок молодих пагонів, пожовтіння та опадання листя, проте основна маса листя залишається зеленою, що свідчить про часткову ефективність дії гербіциду. Однак, а 30-й день після застосування гербіциду спостерігається

повна деградація надземної частини *U. pumila*, без ознак регенерації та повторного відростання. Однак застосування хімікатів потребує обережності через потенційний вплив на навколишнє середовище. А також, важливим чинником є те, що протягом кількох годин після обробки, не повинно бути опадів, що не завжди можна передбачити. Також, враховуючи високу вартість цього методу, він може бути менш економічно вигідним.

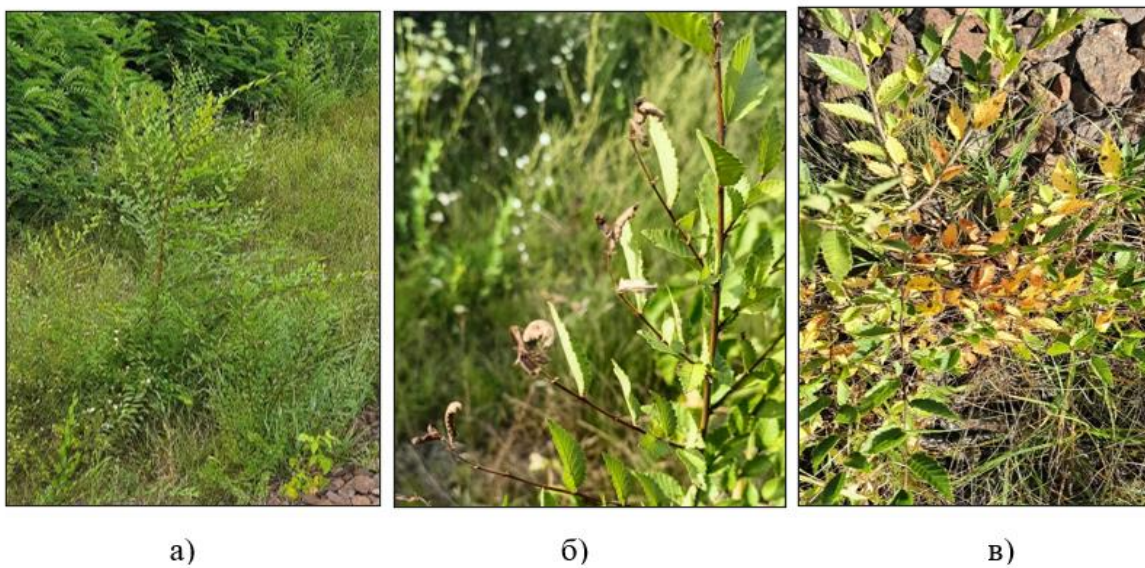


Рис. 5. Стан пагонів *U. pumila* через два тижні після застосування хімічного методу контролю (точкову обробку пагонів гербіцидом моноамонійною сіллю гліфосату)

Ручний метод (ділянка №1) (рис. 6) виявився найменш ефективним через значні витрати часу та високу трудомісткість. Крім того, повне видалення рослин є усклад-

неним, оскільки можуть залишатися незначні залишки паростків, що зумовлює їхнє швидке повторне відростання.



Рис. 6. Проведення ручного методу контролю поширення *U. pumila* (обрізання пагонів за допомогою акумуляторної пилки та секатора): а) до обробки; б) після обробки

Попри те, що цей метод дозволяє зменшити кількість пагонів на певний період, швидке відростання нових пагонів знижує його загальну ефективність у довгостроковій перспективі.

Крім того, у процесі спостереження було зафіксовано природне обмеження популяції *U. pumila* шляхом випасу кіз, які активно поїдали молоді пагони. Це свідчить про потенційну ефективність використання природного випасу як біологічного методу контролю інвазійного виду. Аналогічний підхід розглядається і в роботі United States Forest Service, де зазначено доцільність застосування випасу худоби, зокрема кіз, для управління поширенням *U. pumila* у південно-західних регіонах США (USDA, 2017).

Результати дослідження показали, що механічний метод скошування *U. pumila* виявився найбільш ефективним способом контролю популяції цього інвазійного виду. Скошування призвело до значного зменшення кількості нових пагонів, що підтверджує ефективність методу у короткостроковій перспективі. Це співпадає з даними Gala-Czekaj et al. (2021), де механічне видалення рослин, а саме скошування було

визнано дієвим заходом для контролю інвазійних видів. Одним з ключових факторів є те, сприяв значному зменшенню кількості нових пагонів, що вказує на високу ефективність при боротьбі з інвазійним видом *U. pumila*. Варто зазначити, що цей метод забезпечує стабільне обмеження росту рослин за умови систематичного застосування.

Хоча хімічний метод (обробка гербіцидом) виявився не менш ефективним порівняно з механічним, він все ж показав непогані результати. Однак, його висока вартість та необхідність обережного використання обмежують можливість застосування на великих площах. Варто зазначити, що використання гліфосат, як гербіциду який використовують для контролю поширення інвазійних видів є найпопулярнішим за дослідженням Weidlich et al. (2020). Також наші результати дослідження узгоджується з їхніми дослідженнями, що вказують на високу ефективність хімічних методів, але також на значні витрати та потенційний ризик для навколишнього середовища.

Ручний метод (обрізання пагонів) показав найменшу ефективність. Це можна

пояснити тим, що пагони *U. pumila* мають високу здатність до регенерації. У результаті цього методу рослини швидко відновлюються, що знижує ефективність заходу.

Висновки

Враховуючи отримані результати, встановлено, що механічний метод є найбільш перспективним та найбільш безпечним для контролю популяції *U. pumila* в умовах досліджуваного регіону. Хімічний метод також продемонстрував високу ефективність, проте є економічно затратним

і несе ризики негативного впливу на екосистему. Ручний метод, який передбачає ручне обрізання молодих пагонів, виявився найменш ефективним через значні витрати часу та неможливість повного видалення всіх молодих паростків.

Для досягнення стійкого результату важливо враховувати можливість комбінування різних методів, що дозволить досягти більш тривалого ефекту. Водночас, необхідні подальші дослідження для оцінки довгострокової ефективності кожного з методів.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до автора/ Dataset available on request from the author.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Незастосовується/ Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Незастосовується/ Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів/ The author declares no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних/ This study did not use generative artificial intelligence or AI technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

Chernysh, V. (2023, 16-18 May). *Methods of combating invasive plant species* [Conference presentation abstract]. The 5th International Scientific and Practical Conference "Scientific Paradigm in the Context of Technologies and Society Development" Geneva, Switzerland. <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/3366/3399> (in Ukrainian)

Черниш, В. Методи боротьби з інвазивними видами рослин. *Scientific Paradigm in the Context of Technologies and Society Development: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, 16-18 May, 2023. Geneva, Switzerland. 2023. SPC: "InterConf". Protonique, 2023. P. 421–422.*

Danko, Yu., Voitkiv, A., & Kobyletska, M. (2024). Spread of invasive plant species in the territory of the Ukrainian Carpathians. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 93, 29–45. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2024.93.04> (in Ukrainian)

Данко Ю., Войтків А., Кобилицька М. Поширення інвазійних видів рослин на території Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія Біологія*. 2024. № 93. С. 29–45. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2024.93.04>

- Dyderski, M. K., & Jagodziński, A. M. (2020). Impact of Invasive Tree Species on Natural Regeneration Species Composition, Diversity, and Density. *Forests*, 11(4), 456. <https://doi.org/10.3390/f11040456>
- Gala-Czekaj, D., Synowiec, A., & Dąbkowska, T. (2021). Self-Renewal of Invasive Goldenrods (*Solidago* spp.) as a Result of Different Mechanical Management of Fallow. *Agronomy*, 11(6), 1065. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061065>
- Gentili, R., Schaffner, U., Martinoli, A., & Citterio, S. (2021). Invasive alien species and biodiversity: impacts and management. *Biodiversity*, 22(1–2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/14888386.2021.1929484>
- Hejda, M., Hanzelka, J., Kadlec, T., Štrobl, M., Pyšek, P., Reif, J. (2017). Impacts of an invasive tree across trophic levels: Species richness, community composition and resident species' traits. *Divers. Distrib.*, 23, 997–1007. <https://doi.org/10.1111/ddi.12596>
- Hirsch, H., Brunet, J., Zalapa, J.E. et al. (2017). Intra- and interspecific hybridization in invasive Siberian elm. *Biol. Invasions*, 19, 1889–1904. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1404-6>
- Hirsch, H., Hensen, I., Wesche, K., Renison, D., Wypior, C., Hartmann, M., & von Wehrden, H. (2017). Non-native populations of an invasive tree outperform their native conspecifics. *AoB PLANTS*, 8, plw071. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw071>
- Hort, D., Zaharia, A., Buta, E., Zaharia, D., & Cantor, M. (2015). The Radiograph of an invasive species (*Ulmus pumila*). *AGRICULTURA*, 93 (1-2), 64-68. <https://doi.org/10.15835/arspa.v93i1-2.11241>
- Kolodeeva, K., & Andrienko, O. (2023, April 21). Glyphosate – benefits and dangers [Conference presentation abstract]. The All-Ukrainian Scientific and Practical Conference “Achievements and Prospects in the Field of Production, Processing and Storage of Agricultural Products”, Kropyvnytskyi.
Колодєєва К., Андрієнко О. Гліфосат – користь та небезпека. *Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (Кропивницький, 21 квітня 2023 р.). Кропивницький: ЦНТУ, 2023 С. 48 – 51.
- Leslie, A., & Westbrooks, R. (2012). *Invasive Plant Management Issues and Challenges in the United States: 2011 Overview (ACS Symposium Series)*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1073>
- Linders, T. E. W., Schaffner, U., Eschen, R., Abebe, A., Choge, S. K., Nigatu, L., Mbaabu, P. R., Shiferaw, H., & Allan, E. (2019). Direct and indirect effects of invasive species: Biodiversity loss is a major mechanism by which an invasive tree affects ecosystem functioning. *Journal of Ecology*, 107(6) 2660-2672. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13268>
- Lorenzo, P., & Morais, M. C. (2023). Strategies for the Management of Aggressive Invasive Plant Species. *Plants*, 12(13), 2482. <https://doi.org/10.3390/plants12132482>
- Lyubinska, L., & Matvieiev, M. (2021). Invasive species in the flora and fauna of Podilski Tovtry National Nature Park (Ukraine). *Geo&Bio*, 20, 70–78. <http://doi.org/10.15407/gb2009> (in Ukrainian)
Любінська Л. Г., Матвєєв М. Д. Інвазивні види флори та фауни Національного природного парку Подільські Товтри (Україна). *Geo&Bio*. 2021. № 20. С. 70–78. <http://doi.org/10.15407/gb2009>
- Miller, J. H., Manning S. T., & Enloe, S. F. (2015). A management guide for invasive plants in southern forests. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/gtr/gtr_srs131.pdf
- Mosyakin, A. S. (2012). Modern methods of biological control (biological regulation) of the activity of invasive plants: examples and prospects for application. *Scientific foundations of the preservation of biotic diversity*, 3(10), 93-109. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nozbr_2012_3\(10\)_1_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nozbr_2012_3(10)_1_9). (in Ukrainian)
Мосякін А. С. Сучасні методи біологічного контролю (біологічного регулювання) активності інвазійних рослин: приклади й перспективи застосування. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. 2012. Т. 3(10), № 1. С. 93-109. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nozbr_2012_3\(10\)_1_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nozbr_2012_3(10)_1_9)

Reynolds, L.V., Perry, L.G., Shafroth, P. B., Katz, G., & Norton, A. (2022). Invasion of Siberian Elm (*Ulmus pumila*) Along the South Platte River: the Roles of Seed Source, Human Influence, and River Geomorphology. *Wetlands*, 42(10), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s13157-021-01516-4>

USDA Forest Service Southwestern Region. (2017). *Field Guide for Managing Siberian Elm in the Southwest United States*. Albuquerque. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-A13-PURL-gpo89738/pdf/GOVPUB-A13-PURL-gpo89738.pdf>

Verbrugge, L. N. H., Hoop, L., Aukema, R., Beringen, R., Creemers, R. C. M., Duinen, G. A., Hollander, H., Hullu, E., Scherpenisse, M., Spikmans, F., Turnhout, C. A. M., Wijnhoven, S., & Leuven, R. S. E. W. (2019). Lessons learned from rapid environmental risk assessments for prioritization of alien species using expert panels. *Journal of Environmental Management*, 249, 109405, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109405>

Weidlich, E. W. A., Flórido, F. G., Sorrini, T. B., & Brancalion, P. H. S. (2020). Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. *Journal of Applied Ecology*, 57(9) 1806–1817. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13656>

Zavialova, L. V., Protopopova, V. V., Kucher, O. O., Ryff, L. E., & Shevera, M. V. (2021). Plant invasions in Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(4), 1-13. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0020>

Received: 15.04.2025. **Accepted:** 17.05.2025. **Published:** 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Ступак Ю. Методи контролю поширення інвазійного виду *Ulmus pumila* L. поблизу залізничних колій. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 8-17

Cite this article in APA style as:

Stupak, Yu. (2025). Methods of controlling the spread of the invasive species *Ulmus pumila* L. near railway tracks. *Biota. Human. Technology*, (2), 8-17. (in Ukrainian)

Information about the author:

Stupak Yu. [in Ukrainian: **Ступак Ю.**], Ph. D. student, email: yuli.reb100@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2514-2577

Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine



MAN AND HIS HEALTH
ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я





Copyright (c) 2025 Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk
Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

ODDAWANIE KRWI – ISTOTNA PRAKTYKA W TERAPII I RATOWANIU ŻYCIA: KORZYŚCI ZDROWOTNE I WPŁYW NA DOBRE SAMOPOCZUCIE



Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

BLOOD DONATION – A VITAL PRACTICE IN THERAPY AND LIFE-SAVING: HEALTH BENEFITS AND IMPACT ON WELL-BEING

STRESZCZENIE

Cel pracy: Artykuł ma na celu szczegółową analizę korzyści zdrowotnych wynikających z oddawania krwi, ze szczególnym uwzględnieniem jego wpływu na funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego, regulację poziomu żelaza, gospodarkę lipidową, ciśnienie tętnicze oraz prewencję chorób cywilizacyjnych, w tym zawału serca, miażdżycy, choroby wieńcowej i nowotworów. Ponadto, przedstawiono detoksykacyjny wpływ oddawania krwi, w tym eliminację toksyn z organizmu, takich jak substancje perfluoroalkilowe (PFAS).

Metody wykorzystania źródeł literaturowych. W celu uzyskania dokładnych i wszechstronnych informacji na temat aspektów zdrowotnych oddawania krwi, przeprowadzono przegląd dostępnej literatury naukowej. Obejmował on bazy danych takie jak PubMed, Scopus, Web of Science oraz Google Scholar. Analizowane materiały obejmowały artykuły naukowe, raporty z badań klinicznych, przeglądy systematyczne oraz doniesienia dotyczące znaczenia oddawania krwi w terapii i ratowaniu życia, ze szczególnym naciskiem na jego korzyści, procedury oraz wpływ na zdrowie dawcy. Artykuł opiera się na przeglądzie dostępnych badań naukowych i literatury, w tym wyników eksperymentalnych i epidemiologicznych, które wskazują na pozytywne efekty regularnego oddawania krwi. Źródła literaturowe pochodzą zarówno z badań dotyczących oddawania krwi, jak i szerokiego zakresu literatury na temat chorób sercowo-naczyniowych, metabolicznych, nowotworowych oraz detoksykacji organizmu. Uwzględniono również dane z międzynarodowych organizacji zdrowotnych oraz wytyczne medyczne dotyczące procedur oddawania krwi.

Nowatorstwo naukowe. Praca wnosi nowatorskie spojrzenie na temat korzyści zdrowotnych związanych z oddawaniem krwi, podkreślając jego rolę nie tylko w ratowaniu życia biorców, ale także w prewencji i leczeniu chorób u dawców. Artykuł prezentuje wyniki badań i analizy, które wskazują na zaskakujące korzyści zdrowotne dla osób regularnie oddających krew. Artykuł łączy wyniki badań z różnych dziedzin medycyny, wskazując na wieloaspektowe korzyści zdrowotne, które wykraczają poza tradycyjne rozumienie transfuzji krwi. Zawiera także nowe informacje o roli oddawania krwi w detoksykacji organizmu i jego potencjale w zmniejszaniu ryzyka rozwoju chorób przewlekłych, takich jak miażdżycy czy choroby nowotworowe.

Wnioski. Regularne oddawanie krwi korzystnie wpływa na układ sercowo-naczyniowy, zmniejszając ryzyko chorób serca poprzez redukcję poziomu żelaza oraz poprawę gospodarki lipidowej. Pomaga w utrzymaniu optymalnego stężenia żelaza, co ogranicza ryzyko jego nadmiernego gromadzenia się w organizmie i związanych z tym negatywnych skutków zdrowotnych. Może również obniżyć ryzyko zawału serca, wspierając regulację poziomu cholesterolu i poprawiając kondycję naczyń krwionośnych. Badania wskazują, że regularne oddawanie krwi może prowadzić do obniżenia ciśnienia tętniczego, szczególnie u osób z nadciśnieniem. Proces ten przyczynia się także do zmniejszenia ryzyka miażdżycy poprzez poprawę profilu lipidowego i redukcję poziomu „złego” cholesterolu LDL. Wspiera zdrowie serca i naczyń krwionośnych, zmniejszając prawdopodobieństwo rozwoju choroby wieńcowej. Oddawanie krwi może również odgrywać istotną rolę w prewencji zespołu metabolicznego, poprawiając wrażliwość na insulinę i pomagając w regulacji poziomu cukru we krwi. Wspomaga organizm w utrzymaniu równowagi lipidowej, co zmniejsza ryzyko chorób wynikających z nadmiernej ilości tłuszczu w organizmie. Co więcej, regularne oddawanie krwi przyczynia się do eliminacji substancji toksycznych, takich jak PFAS, które mogą kumulować się w organizmie człowieka. Dane sugerują, że ten proces może także obniżyć ryzyko niektórych nowotworów, m.in. poprzez poprawę ogólnej kondycji organizmu i usuwanie toksyn. Oddawanie krwi nie tylko ratuje życie biorców, ale również stanowi skuteczną metodę profilaktyki wielu chorób cywilizacyjnych. Badania potwierdzają szeroki wachlarz korzyści zdrowotnych, które mogą poprawić jakość życia i zmniejszyć ryzyko wystąpienia poważnych schorzeń.

Słowa kluczowe: oddawanie krwi, zdrowie układu sercowo-naczyniowego, metabolizm lipidów, regulacja metabolizmu żelaza, zapobieganie chorobom, detoksykacja, redukcja ryzyka zachorowania na raka

ABSTRACT

Purpose: The aim of this article is to provide a detailed analysis of the health benefits of blood donation, with particular emphasis on its effects on cardiovascular function, iron regulation, lipid metabolism, blood pressure and the prevention of lifestyle diseases, including myocardial infarction, atherosclerosis, coronary heart disease and cancer. In addition, the detoxifying effects of blood donation are presented, including the elimination of toxins from the body, such as perfluoroalkyl substances (PFAS).

Materials and methods. To obtain accurate and comprehensive information on the health aspects of blood donation, a review of the available scientific literature was conducted. The search included databases such as PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar. The material analysed included scientific articles, clinical research reports, systematic reviews and reports on the role of blood donation in therapy and life-saving, with a particular focus on its benefits, procedures and impact on donor health. The article is based on a review of the available scientific studies and literature, including experimental and epidemiological findings, that indicate the positive effects of regular blood donation. Literature sources include studies on blood donation as well as a wide range of literature on cardiovascular, metabolic, oncological diseases and body detoxification. Data from international health organisations and medical guidelines on blood donation procedures were also included.

Scientific novelty. The study presents an innovative perspective on the health benefits of blood donation, emphasising its role not only in saving the lives of recipients, but also in preventing and treating disease in donors. The article presents research and analysis that highlights the surprising health benefits for individuals who donate blood regularly. It integrates research from a range of medical disciplines, highlighting multidimensional health benefits that go beyond the traditional understanding of blood transfusion. It also provides new information on the role of blood donation in detoxifying the body and its potential to reduce the risk of chronic diseases such as atherosclerosis and cancer.

Conclusions. Regular blood donation has a positive effect on the cardiovascular system, reducing the risk of heart disease by lowering iron levels and improving lipid metabolism. Blood donation helps maintain appropriate iron levels, reducing the risk of cardiovascular disease and excessive accumulation of this element, which is harmful to the body. Regular blood donation can reduce the risk of heart attack by influencing cholesterol levels and improving the condition of blood vessels. There is evidence that donating blood can lower blood pressure, especially in people with hypertension. Blood donation helps to reduce the risk of atherosclerosis by improving the lipid profile and lowering levels of 'bad' LDL cholesterol. Regular blood donation improves cardiovascular health and reduces the risk of coronary heart disease. Blood donation can help prevent metabolic syndrome, including improving insulin sensitivity and lowering blood glucose levels. The body's ability to regulate blood lipid levels increases, reducing the risk of diseases associated with excess fat in the body. Regular blood donation helps remove toxic substances, such as PFAS, that can accumulate in the human body. Data suggests that blood donation may reduce the risk of developing certain types of cancer, particularly by improving the body's overall condition and eliminating toxins. Blood donation is not only vital for saving lives, but can also be an effective preventive measure in the treatment and prevention of lifestyle diseases. Studies show a wide range of health benefits that can improve quality of life and reduce the risk of many serious diseases.

Key words: blood donation, cardiovascular health, lipid metabolism, iron regulation, disease prevention, detoxification, cancer risk reduction

Wprowadzenie

Krew stanowi niezastąpiony element medycyny, będąc kluczowym środkiem w terapii i ratowaniu życia pacjentów. W sytuacjach nagłych, takich jak wypadki, operacje czy poważne schorzenia, jej utrata może stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia. Jedynym skutecznym rozwiązaniem w takich przypadkach jest transfuzja, która pozwala na uzupełnienie brakujących składników krwi i przywrócenie równowagi organizmu. Zapotrzebowanie na krew jest stałe i niezmiennie, co sprawia, że konieczne jest utrzymanie jej odpowiednich rezerw w bankach krwi (Goodnough and Panigrahi, 2017; Thorpe et al., 2024).

Mimo dynamicznego rozwoju medycyny i zaawansowanych technologii, wciąż nie udało

się opracować pełnowartościowego syntetycznego substytutu krwi. Oznacza to, że honorowe krwiodawstwo pozostaje fundamentem systemu ochrony zdrowia, a dawcy krwi pełnią kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa medycznego społeczeństwa. Każdego dnia na całym świecie pojawiają się pacjenci wymagający natychmiastowego przetoczenia krwi, co podkreśla wagę regularnego oddawania tego cennego płynu. Zbyt mała liczba dawców może prowadzić do niedoborów, które zagrażają skuteczności leczenia i ratowania życia w nagłych przypadkach (Gasparovic Babic et al., 2024).

Oddawanie krwi to nie tylko bezinteresowny gest altruizmu, ale także działanie przynoszące korzyści zdrowotne samym dawcom. Regularne oddawanie krwi wpływa

pozytywnie na układ krążenia, pomagając w regulacji poziomu żelaza we krwi oraz pobudzając organizm do produkcji nowych, zdrowych krwinek. Ponadto, krwiodawcy często poddawani są kontrolnym badaniom, co pozwala na wczesne wykrycie ewentualnych nieprawidłowości zdrowotnych (Ferguson et al., 2008; Gyuris et al., 2021; Thorpe et al., 2024). Artykuł przedstawia zarówno procedury związane z oddawaniem krwi, jak i jej znaczenie w kontekście zdrowia publicznego oraz dobroczynne skutki dla dawców.

Krew – niezbędny lek w terapii i ratowaniu życia. Krew jest lekiem niezbędnym w terapii licznych jednostek chorobowych. Znaczna utrata krwi krążącej może stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia pacjenta, a jej uzupełnienie możliwe jest jedynie poprzez transfuzję (Goodnough and Panigrahi, 2017). Codziennie, na całym świecie, pojawiają się pacjenci wymagający natychmiastowego przetoczenia krwi. Pomimo dynamicznego rozwoju nauk medycznych, wciąż nie opracowano skutecznej i wydajnej metody syntetycznej produkcji pełnowartościowego substytutu krwi, co czyni honorowe krwiodawstwo kluczowym elementem systemu opieki zdrowotnej (Khan et al., 2020). W związku z tym dostępność krwi i jej składników zależy wyłącznie od dobrowolnych donacji, co podkreśla istotność edukacji społeczeństwa w zakresie regularnego oddawania krwi (Gasparovic Babic et al., 2024).

Oddawanie krwi to nie tylko akt altruizmu, ale także realna pomoc, która ratuje życie wielu pacjentom. Mimo to świadomość społeczna na temat znaczenia krwiodawstwa pozostaje niewystarczająca. Co więcej, regularne oddawanie krwi przynosi korzyści nie tylko biorcom, ale i samym dawcom (Bhuiyea et al., 2022; Dorle et al., 2023). Wśród pozytywnych efektów donacji wymienia się pobudzenie szpiku kostnego do produkcji nowych krwinek czerwonych, co usprawnia transport tlenu i składników odżywczych do narządów oraz poprawia ogólną kondycję układu krążenia (Makowicz et al., 2022). Ponadto, liczne badania wskazują na zmniejszone ryzyko występowania chorób sercowo-naczyniowych oraz obniżenie prawdopodobieństwa hospitalizacji i przedwczesnej śmierci wśród osób regularnie oddających krew (Meyers et al., 1997; Salonen et al., 1998; Quee et al., 2022).

Aby zapewnić bezpieczeństwo zarówno dawcom, jak i biorcom, proces oddawania krwi podlega ścisłym procedurom medycznym i jest

poprzedzony badaniem kwalifikacyjnym. Każdy potencjalny dawca, zgłaszając się do Centrum Krwiodawstwa, przechodzi rejestrację i wypełnia kwestionariusz zdrowotny. Następnie wykonywane jest badanie fizykalne oraz oznaczenie podstawowych parametrów hematologicznych, takich jak poziom hemoglobiny. Dodatkowo kontrolowane są ciśnienie tętnicze, tętno i temperatura ciała, co pozwala na ocenę ogólnego stanu zdrowia. Choć badania te nie mają charakteru diagnostycznego, mogą dostarczyć istotnych informacji na temat potencjalnych problemów zdrowotnych, takich jak anemia czy nadciśnienie. W przypadku wykrycia nieprawidłowości dawca jest kierowany na konsultację lekarską, co umożliwia wczesne wykrycie i leczenie ewentualnych schorzeń (*Blood Donor Selection, WHO, 2012, 3, Assessing donor suitability*).

Dodatkowym aspektem procedury donacji jest monitorowanie masy ciała dawcy, co może być istotne dla osób zmagających się z nadwagą. Aby jednak zakwalifikować się do oddania krwi, dawca musi spełnić określone kryteria (*Blood Donor Selection, WHO, 2012, 4, General donor assessment*):

- Wiek dawcy musi mieścić się w przedziale 18-65 lat.
- Minimalna masa ciała wynosi 50 kg.
- Stężenie hemoglobiny powinno wynosić co najmniej 12,5 g/dl u kobiet oraz 13,5 g/dl u mężczyzn.

- Dawca powinien pozostawać w dobrym stanie zdrowia, nie przechodzić zabiegów operacyjnych w ciągu ostatnich 4 miesięcy ani procedur związanych z nakłuciem skóry (tatuaż, piercing, makijaż permanentny).

Znaczenie donacji krwi w systemie ochrony zdrowia jest nie do przecenienia – każda jednostka krwi może uratować życie kilku pacjentów. Dlatego niezwykle istotne jest dalsze propagowanie wiedzy na temat krwiodawstwa, jego korzyści oraz wpływu na zdrowie publiczne. Jednocześnie, badania nad substytutami krwi stanowią przyszłościowy kierunek rozwoju medycyny, który może znacząco wpłynąć na zwiększenie dostępności terapii transfuzjologicznych oraz poprawę jakości opieki medycznej na całym świecie (Myers and Collins, 2024; Gasparovic Babic et al., 2024).

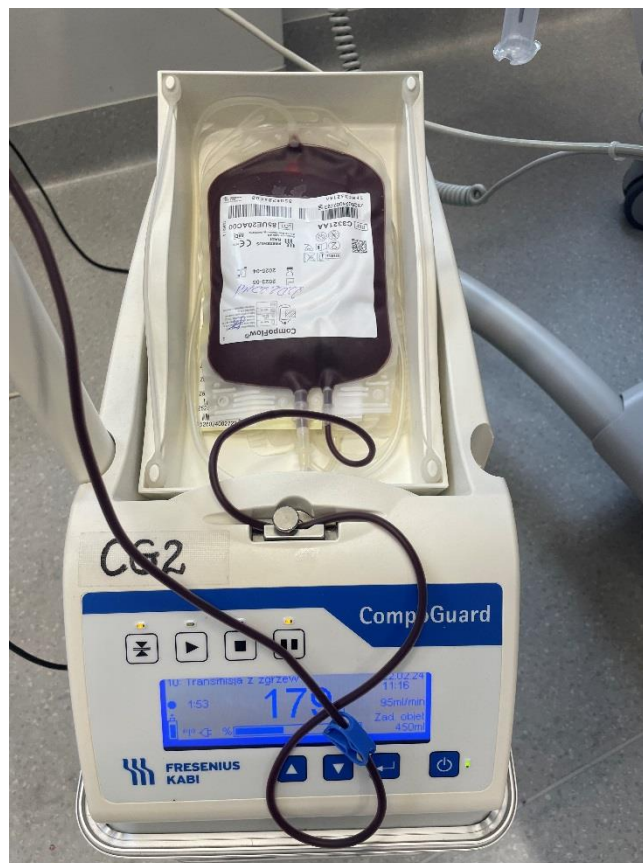
Procedura pobierania krwi oraz badania laboratoryjne wykonywane u dawców. Po pozytywnie przebytych procesie

kwifikacji, dawca przystępuje do oddania krwi (foto 1). Krew pełna pobierana jest do specjalistycznych zestawów pojemników wykonanych z polichlorku winylu (PVC), który wykazuje stabilizujące działanie na błonę komórkową erytrocytów. Zestaw ten zawiera dwa roztwory: płyn konserwujący oraz płyn wzbogacający (*Blood Donor Selection, WHO, 2012, 4, General donor assessment; Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019*). Płyn konserwujący jest

dodawany bezpośrednio po pobraniu krwi w celu zapobiegania jej krzepnięciu, natomiast płyn wzbogacający wprowadza się do koncentratu krwinek czerwonych po oddzieleniu osocza. Jego podstawowym zadaniem jest dostarczenie substancji odżywczych dla erytrocytów oraz wydłużenie możliwego czasu ich przechowywania do 42 dni (Samis, 2008; *Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019*).



A



B

Foto 1. Pobór krwi z żyły dawcy (A) do specjalistycznych pojemników (B).
Autor zdjęć: Małgorzata Gradziuk

Kiedy krew została pobrana, przed wykonaniem nakłucia, obszar wkłucia podlega dezynfekcji w procesie dwustopniowym, wykorzystującym dwa różne środki dezynfekcyjne. Cała procedura, która trwa przeciętnie 10-12 minut, kończy się przekazaniem dawcy posiłku regeneracyjnego, mającego na celu uzupełnienie utraconych kalorii oraz wspomaganie procesów regeneracyjnych organizmu (*Blood Donor Selection, WHO, 2012, 4, General donor assessment; Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019*).

Każda pobrana jednostka krwi podlega następnie rygorystycznym badaniom labora-

toryjnym, mającym na celu zapewnienie jej bezpieczeństwa oraz wykluczenie potencjalnych patogenów (foto 2). W pierwszej kolejności przeprowadzana jest diagnostyka wirusologiczna i serologiczna (*Screening Donated Blood, WHO, 2009, 4, Screening for transfusion-transmissible infections, Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019*). W ramach badań serologicznych przeprowadza się oznaczanie przeciwciał oraz antygenów związanych z potencjalnymi infekcjami wirusowymi i bakteryjnymi. Poszukiwane są m.in. przeciwciała przeciwko krętkowi blademu (*Treponema pallidum*), anty-

HIV 1/2, anty-HCV oraz antygen HBs (Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019).

Ponadto, w diagnostyce molekularnej wykonywane jest wykrywanie materiału genetycznego wirusów, takich jak RNA wirusa HIV, DNA wirusa HBV oraz RNA wirusa HCV (*Screening Donated Blood, WHO, 2009, 4, Screening for transfusion-transmissible infections; Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019*). Dodatkowo, każda donacja jest poddawana badaniom

hematologicznym i immunoematologicznym, obejmującym m.in. oznaczenie poziomu hemoglobiny, grupy krwi, antygenów układu Kell oraz poszukiwanie przeciwciał odpornościowych. Wyniki tych badań stanowią nie tylko podstawę zapewnienia bezpieczeństwa biorców transfuzji, ale także umożliwiają dawcom monitorowanie swojego stanu zdrowia i wykrywanie ewentualnych nieprawidłowości (Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019).

**A****B**

**Foto 2. Pobór krwi z żyły dawcy do specjalistycznych zestawów pojemników (A) oraz przygotowanie próbek krwi do diagnostyki wirusologicznej i serologicznej (B).
Autor zdjęć: Małgorzata Gradziuk**

Po zakończeniu procesu badania, krew pełna podlega separacji, w wyniku której uzyskiwane są trzy główne składniki (foto 3) (Dz. Urz. Min. Zdrow. poz. 25, 2019). Koncentrat krwinek czerwonych, uzyskany z pojedynczej

jednostki krwi pełnej, przechowywany jest w roztworze wzbogacającym, który umożliwia przechowywanie go w temperaturze +4°C przez okres do 42 dni (foto 3C).

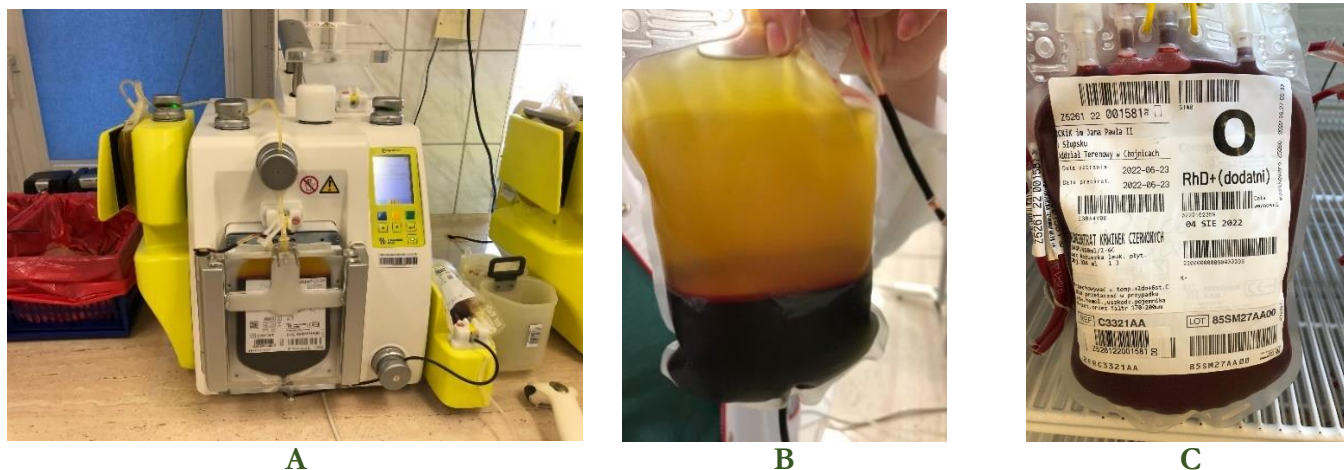


Foto 3. Separacja krwi pełnej na składniki (A, B) oraz przygotowanie koncentratu krwinek czerwonych (C). Autor zdjęć: Małgorzata Gradziuk

Kolejnym składnikiem jest osocze, które zawiera wszystkie czynniki krzepnięcia, albuminy i globuliny (foto 4A), a w celu zachowania stabilności czynników krzepnięcia podlega szybkiemu zamrożeniu (foto 4B). Osocze świeżo mrożone jest tym, które zostało zamrożone w ciągu 8 godzin od pobrania. Warto

także zwrócić uwagę na kożuszek leukocytańsko-płytkowy, który zawiera leukocyty, trombocyty oraz pewną liczbę erytrocytów. W zależności od zapotrzebowania może on zostać poddany dalszej preparatyce w celu otrzymania koncentratu krwinek płytkowych (foto 4C) lub podlegać utylizacji.



Foto 4. Przygotowanie osocza (A), jego mrożenie (B) oraz koncentrat krwinek płytkowych (C).
Autor zdjęć: Małgorzata Gradziuk

Korzyści wynikające z honorowego oddawania krwi. Korzyści płynące z krwiodawstwa można podzielić na dwie kategorie: niematerialne (zdrowotne i psychologiczne) oraz materialne. W pierwszej kolejności warto skupić się na korzyściach niematerialnych, które mają znaczący wpływ na postawy społeczne oraz poczucie spełnienia dawców.

Oddawanie krwi przyczynia się do poprawy zdrowia publicznego oraz pozwala dawcom na doświadczenie satysfakcji płynącej z pomocy innym (Ferguson et al., 2008; Balaskas et al., 2024). Wartości, które wyróżniają dawców krwi, obejmują altruizm, empatię, a także świadomość roli, jaką pełnią w systemie ochrony zdrowia. Dawcy często podkreślają swoje poczucie satysfakcji z ratowania życia innych oraz budowanie społecznej solidarności i odpowiedzialności.

Z kolei korzyści materialne wynikające z honorowego krwiodawstwa stanowią istotny element motywujący do regularnego oddawania krwi. Honorowym dawcom krwi przysługują liczne przywileje, w tym (Przywileje Krwiodawców, n.d.; Przywileje Honorowego..., n.d.):

- ✓ Bezpłatne zaopatrzenie w leki, które mogą być stosowane w związku z oddawaniem krwi (do wysokości limitu finansowania).

- ✓ Prawo do korzystania poza kolejnością ze świadczeń opieki zdrowotnej oraz usług farmaceutycznych.

- ✓ Zwolnienie od pracy w dniu oddania krwi oraz w dniu następnym, a także na czas okresowego badania lekarskiego.

- ✓ Zwrot utraconego zarobku na zasadach wynikających z przepisów prawa pracy.

- ✓ Zwrot kosztów przejazdu do placówki publicznej służby krwi.

- ✓ Posiłek regeneracyjny o wartości kalorycznej 4500 kcal (najczęściej 8 tabliczek czekolady).

- ✓ Ulga podatkowa umożliwiająca odliczenie darowizny na cele krwiodawstwa w wysokości ekwiwalentu pieniężnego za pobraną krew (do 6% dochodu).

- ✓ Zniżki na przejazdy komunikacją publiczną i miejską.

- ✓ Bezpłatne badania profilaktyczne, obejmujące oznaczenie morfologii krwi, markerów HIV, HBV, HCV oraz kiły.

- ✓ Otrzymanie „Karty Grupy Krwi” – dokumentu z wiarygodnym oznaczeniem grupy krwi.

Honorowi dawcy krwi mogą otrzymać zaszczytne tytuły:

- Honorowy Dawca Krwi – przysługuje każdej osobie, która odda krew.

- Zasłużony Honorowy Dawca Krwi – nadawany po oddaniu 5–6 litrów krwi.

- Odznaka „Zasłużony Honorowy Dawca Krwi” – przyznawana przez Polski Czerwony Krzyż.

- Odznaka „Honorowy Dawca Krwi – Zasłużony dla Zdrowia Narodu” – nadawana przez Ministra Zdrowia.

Czynniki motywujące do oddawania krwi są różnorodne i mogą obejmować zarówno chęć bezinteresownej pomocy, jak i uczestnictwo w akcjach organizowanych w miejscu zamieszkania, pracy lub nauki. Ważnym motywem jest również tradycja rodzinna czy potrzeba uzyskania uznania społecznego.

Honorowe krwiodawstwo pełni niezwykle ważną rolę w systemie ochrony zdrowia, dostarczając niezbędne składniki krwi dla pacjentów wymagających transfuzji. Z jednej strony przynosi wymierne korzyści zdrowotne i materialne, z drugiej stanowi źródło osobistej satysfakcji i poczucia społecznej odpowiedzialności. Regularne oddawanie krwi nie tylko wpływa na wzrost solidarności społecznej, ale także promuje wartości altruistyczne w społeczeństwie (Ferguson et al., 2008; Balaskas et al., 2024).

Wpływ oddawania krwi na zdrowie dawcy: analiza naukowa. Istnieją liczne przesłanki naukowe wskazujące, że regularne oddawanie krwi korzystnie wpływa na zdrowie dawcy, obejmując między innymi regulację ciśnienia tętniczego oraz poziomu żelaza w organizmie (Nadarajan and Eow, 2002; Kiss, 2015; Mantadakis et al., 2022; Kaur et al., 2023). Dowody na te korzyści można znaleźć w wielu badaniach, które ukazują pozytywny wpływ krwiodawstwa na zdrowie.

Badanie *Donor InSight* w Holandii wykazało, że dawcy krwi i osocza różnią się od ogólnej populacji pod względem cech demograficznych oraz czynników ryzyka sercowo-naczyniowego (Atsma et al., 2011a). Dawcy krwi częściej byli wykształceni, żonaci, rzadziej palili papierosy, wykazywali większą aktywność fizyczną i mieli korzystniejszy profil sercowo-naczyniowy, w tym niższy odsetek cukrzycy typu 2 oraz wysokiego poziomu cholesterolu. Co ciekawe, mężczyźni-dawcy częściej wykazywali umiarkowaną nadwagę w

porównaniu do reszty populacji. Wyniki tego badania sugerują, że oddawanie krwi może wiązać się z korzyściami zdrowotnymi, w tym z poprawą zdrowia sercowo-naczyniowego. Wskazują one również na konieczność przeprowadzenia dalszych badań nad wpływem krwiodawstwa na ryzyko chorób sercowo-naczyniowych.

W związku z tym, niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie przeglądu aktualnej literatury dotyczącej tych aspektów, aby lepiej zrozumieć mechanizmy, które mogą wyjaśniać te obserwacje.

Oddawanie krwi a funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego. Pierwsze doniesienia na temat związku pomiędzy utratą krwi a zmniejszonym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych pojawiły się pod koniec lat 90. XX wieku. Badania te były inspirowane teorią zaproponowaną przez Sullivana w 1981 roku (Sullivan, 1981). Sullivan sformułował hipotezę, według której wyższa częstość występowania chorób serca u mężczyzn oraz u kobiet po menopauzie wynika z większych zasobów żelaza zgromadzonych w organizmie tych grup. Teza ta była wynikiem jego obserwacji, które obejmowały: (1) wyższą podatność mężczyzn i kobiet po menopauzie na rozwój chorób sercowo-naczyniowych (CVD) w porównaniu do kobiet przed menopauzą, co może wynikać z większych zapasów żelaza w ich organizmach; (2) różnice między populacjami krajów wysoko rozwiniętych, gdzie ryzyko CVD jest wyższe, a krajami rozwijającymi się, gdzie niedobory żelaza są bardziej powszechne; (3) częstsze występowanie niewydolności mięśnia sercowego u osób z chorobami związanymi z nadmiernym gromadzeniem żelaza, takimi jak hemochromatoza. Z tego powodu w badaniach na modelach zwierzęcych zauważono, że nadmiar żelaza sprzyja powstawaniu reaktywnych form tlenu, które mogą uszkadzać śródbłonek naczyń, destabilizując blaszki miażdżycowe i promując procesy zakrzepowe (Day et al., 2003).

Rozważając te mechanizmy, niektórzy badacze sugerują, że korzystne działanie oddawania krwi może wynikać ze zmniejszenia lepkości krwi (Holsworth et al., 2014; Sloop et al., 2015). Chociaż ten mechanizm nie był przedmiotem aż tak szerokiego zainteresowania jak redukcja poziomu żelaza, wiadomo, że lepkość krwi jest istotnym czynnikiem ryzyka agregacji krwinek podczas rozkurczu serca, co może prowadzić do incydentów zakrzepowo-

zatorowych. Ponadto wzrost lepkości krwi zwiększa naprężenie ścinające w naczyniach krwionośnych, co może sprzyjać pękaniu niestabilnych blaszek miażdżycowych (Pedrigi et al., 2014; Wang et al., 2023).

Na podstawie badań Salonen i wsp. (1998), które wykazały 88% redukcję ryzyka wystąpienia ostrego zawału mięśnia sercowego (MI) wśród dawców krwi, niektóre banki krwi zaczęły promować oddawanie krwi jako sposób na zapobieganie chorobom sercowo-naczyniowym (Salonen et al., 1998). Niemniej jednak, mimo obiecujących wyników, jednoznaczne dowody potwierdzające korzyści kardioprotekcyjne wynikające z oddawania krwi wciąż pozostają niepewne (Meyers, 2000; Muñoz-Bravo et al., 2013). Główną trudnością w badaniach nad tym zagadnieniem jest zjawisko określane jako „Healthy Donor Effect” (HDE) (Atsma et al., 2011a,b). Polega ono na tym, że dawcy krwi są selekcjonowani na podstawie ich ogólnego stanu zdrowia, zarówno przez organizacje zajmujące się poborem krwi, jak i przez samych dawców. Osoby w złym stanie zdrowia rzadziej rejestrują się jako dawcy krwi, a ci, którzy już oddają krew, robią to regularniej i są aktywniejsi zdrowotnie (van den Hurk et al., 2017).

W związku z powyższym, pozytywne efekty zdrowotne obserwowane u długoletnich, regularnych dawców mogą wynikać nie tyle z samego oddawania krwi, ile z czynników selekcji. Warto zatem uwzględnić i kontrolować wpływ HDE w badaniach oceniających efekty zdrowotne oddawania krwi. W kontekście tego zagadnienia, pilotażowe badanie *BSD Health Study* miało na celu ocenę porównywalności dawców krwi w Bawarii z ogólną populacją tego regionu (Müller et al., 2009). Wyniki tej analizy wykazały istotne różnice demograficzne między dawcy a ogólną populacją, w tym m.in. wyższe wskaźniki edukacji oraz niższą zapadalność na astmę, zawały serca i nowotwory, co sugeruje, że dawcy krwi mogą wykazywać zdrowszy styl życia w porównaniu do ogólnej populacji.

Z kolei w badaniu przeprowadzonym w ramach *Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study*, regularne oddawanie krwi okazało się zmniejszać ryzyko zawału serca (Salonen et al., 1998). W tym badaniu uczestniczyło 2862 mężczyzn w wieku 42-60 lat, a wyniki wskazały na 88% niższe ryzyko zawału serca u dawców krwi w porównaniu do osób, które nie oddawały krwi.

Z kolei badanie prospektywne przeprowadzone przez Meyers i współpracowników (1997) również sugeruje, że regularne oddawanie krwi zmniejsza ryzyko zdarzeń sercowo-naczyniowych, zwłaszcza u niepalących mężczyzn. W tym badaniu dawców krwi rzadziej dotyczyły incydenty sercowo-naczyniowe, takie jak zawał serca czy udar, a korzyści te były widoczne głównie u osób, które regularnie oddawały krew. Dalsze badania przeprowadzone przez Meyersa i wsp. (2002) sugerują, że częste oddawanie krwi może wiązać się ze zmniejszonym ryzykiem incydentów sercowo-naczyniowych. Badanie to pokazało, że regularni dawcy krwi byli mniej narażeni na zawały serca, co wskazuje na potencjalne korzyści kardioprotekcyjne związane z częstym oddawaniem krwi.

Choć większość badań wskazuje na korzystne efekty oddawania krwi w kontekście zmniejszonego ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, nie wszystkie badania potwierdzają te teorie. Ascherio i wsp. (2001) oraz Jiang i wsp. (2004) nie znaleźli związku pomiędzy ilością oddanej krwi a ryzykiem wystąpienia zawału serca czy cukrzycy typu II. Również badanie Germain i wsp. (2013) nie wykazało istotnych różnic między dawcami krwi a osobami, które zostały wykluczone z oddawania krwi z powodu ryzyka zakażeń przenoszonych przez transfuzję.

Rola oddawania krwi w regulacji poziomu żelaza i prewencji chorób sercowo-naczyniowych. Dostępność żelaza w organizmie odgrywa istotną rolę w patogenezie wielu schorzeń, w tym zaburzeń sercowo-naczyniowych oraz cukrzycy (Simcox and McClain, 2013; Sawicki et al., 2023). Żelazo, dzięki swojej zdolności do odwracalnego utleniania i redukcji, pełni kluczową funkcję metaboliczną, jednak jego nadmiar sprzyja generowaniu reaktywnych form tlenu (RFT). W reakcji Habera-Weissa żelazo katalizuje tworzenie anionów ponadtlenkowych, nadtlenku wodoru oraz rodników hydroksylowych, które mogą prowadzić do peroksydacji lipidów oraz uszkodzenia komórek (Zorov et al., 2014; Jomova et al., 2023).

W kontekście metabolizmu żelaza, ferrytyna, będąca białkiem transportującym ten pierwiastek, odgrywa kluczową rolę w jego regulacji. Wysokie stężenie ferrytyny w

surowicy koreluje z podwyższonym ryzykiem wystąpienia choroby wieńcowej (Williams et al., 2002; Kadoglou et al., 2017). Oddanie krwi skutkuje obniżeniem poziomu ferrytyny w surowicy (Finch et al., 1977; Milman and Kirchhoff, 1991; Manascero-Gómez et al., 2015), co jest korzystne, zwłaszcza w przypadku wielokrotnych dawców, którzy wykazują niższe poziomy ferrytyny, a tym samym mniejszą podatność na utlenianie lipoprotein oraz zmniejszone ryzyko zawału serca (Milman, 1996; Salonen et al., 1995).

Zwiększony poziom żelaza w organizmie jest uznawany za czynnik ryzyka wielu chorób, w tym sercowo-naczyniowych, metabolicznych oraz nowotworowych (Simcox and McClain, 2013; Sawicki et al., 2023). Oddawanie krwi stanowi efektywną metodę prewencji przeciążenia żelazem, skutecznie zapobiegając nadmiernemu gromadzeniu się tego pierwiastka w organizmie (ryc. 1). Przykładem może być oddanie 500 ml krwi, które prowadzi do utraty aż 250 mg żelaza hemowego (Brittenham, 2011; Hindawi et al., 2021). Redukcja zasobów żelaza wiąże się z licznymi korzyściami zdrowotnymi, takimi jak zmniejszenie stresu oksydacyjnego, obniżenie dostępności żelaza dla komórek nowotworowych, a także zmniejszenie ryzyka rozwoju insulinooporności, miażdżycy czy chorób nowotworowych. Regularne oddawanie krwi zostało udowodnione jako sposób na obniżenie poziomu zapasów żelaza, co zmniejsza ryzyko wielu chorób (Tuomainen et al., 1997; Reddy et al., 2020; Mantadakis et al., 2022).

Potwierdzeniem tego są liczne badania, które wskazują na korzyści zdrowotne regularnego oddawania krwi. Przykładowo, oddawanie krwi skutecznie reguluje poziom żelaza w organizmie (Veera and Eow, 2002; Mahida et al., 2008; Mantadakis et al., 2022), a niewłaściwy nadmiar lub niedobór żelaza wiąże się z ryzykiem wystąpienia chorób układu sercowo-naczyniowego (Li and Zhang, 2021; Guo et al., 2022). Ponadto, regularni dawcy krwi wykazują mniejsze ryzyko zawału serca w porównaniu do osób, które nie oddają krwi (Magnusson et al., 1994; Salonen et al., 1998). Oddawanie krwi prowadzi również do obniżenia ciśnienia krwi oraz redukcji ryzyka hiperglikemii i innych chorób układu krążenia (Uche et al., 2013; Quee et al., 2022).



Ryc. 1. Rola oddawania krwi w regulacji poziomu żelaza

Dawcy krwi wykazują także mniejsze ryzyko rozwoju nowotworów (Merk et al., 1990; Edgren et al., 2007, 2008; Zhang et al., 2012; Zhao et al., 2020), co może być związane z redukcją stresu oksydacyjnego i uszkodzeń komórkowych (Yunce et al., 2016). Z kolei oddawanie krwi stanowi skuteczną metodę regulacji nadmiaru żelaza, eliminując konieczność stosowania farmakologicznych terapii (Infanti et al., 2024). Zmniejszenie ryzyka choroby niedokrwiennej serca wśród regularnych dawców krwi jest również związane z obniżeniem poziomu zapasów żelaza w organizmach tych osób (Salonen et al., 1997; Tuomainen et al., 1997; Ascherio et al., 2001).

Ponadto, oddawanie krwi przyczynia się do poprawy profilu lipidowego organizmu, zmniejszając lepkość krwi, co sprzyja lepszymu przepływowi i redukuje ryzyko powstawania skrzepów. W rezultacie, zmniejsza się ryzyko zawałów serca oraz udarów mózgu (Uche et al., 2013; Kebalo et al., 2022). Co więcej, regularne oddawanie krwi prowadzi do obniżenia poziomu LDL, czyli tzw. „złego” cholesterolu, co znacząco zmniejsza ryzyko miażdżycy oraz innych schorzeń sercowo-naczyniowych (Salonen et al., 1998; Gebre-Yohannes and Rahlenbeck, 1998; Choudhury et al., 2009). Dawcy krwi mają również niższy poziom LDL w porównaniu do osób nieoddających krwi, co stanowi dodatkowy dowód na korzyści płynące z regularnego oddawania krwi w zakresie

ochrony przed chorobami serca i układu krążenia (Kebalo et al., 2022).

Oddawanie krwi może także przyczyniać się do zwiększenia potencjału detoksykacyjnego organizmu. Badania wykazały, że osoby, które regularnie oddawały osocze lub krew przez 12 miesięcy, miały niższy poziom substancji toksycznych (PFAS) w porównaniu z osobami, które nie uczestniczyły w tym procesie (Gasiorowski et al., 2022). Zatem oddawanie krwi może skutecznie przyczynić się do redukcji poziomu toksyn w organizmach dawców.

Nadmierne nagromadzenie żelaza w organizmie, zwłaszcza u osób z hemochromatozą, może prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych, w tym rozwoju chorób układu krążenia i nowotworów (Reddy and Clark, 2004; Porter and Rawla, 2024). Nadmiar żelaza katalizuje powstawanie reaktywnych form tlenu i wolnych rodników (Imam et al., 2017; Jomova et al., 2023), które mogą powodować uszkodzenia komórek oraz rozwój wielu patologii (Phaniendra et al., 2015). Regularne oddawanie krwi skutecznie redukuje zapasy żelaza w organizmie, zapobiegając jego nadmiernej akumulacji, co wiąże się z istotnymi korzyściami zdrowotnymi (Reddy et al., 2020; Mantadakis et al., 2022). Usunięcie około 225–250 mg żelaza hemowego podczas oddania 500 ml krwi (Brittenham, 2011; Hindawi et al., 2021) prowadzi do obniżenia stresu oksydacyjnego i zmniejszenia poziomu wolnych

rodników, co ma korzystny wpływ na zdrowie (Imam et al., 2017; Galaris et al., 2019).

W szczególności osoby z nadmiarem żelaza, takie jak pacjenci z hemochromatozą, mogą szczególnie skorzystać z regularnego oddawania krwi. Terapia upustowa, polegająca na systematycznym oddawaniu krwi, jest skuteczną metodą regulacji poziomu żelaza w organizmach pacjentów z hemochromatozą (Ramakrishna et al., 2003; Mantadakis et al., 2022).

Podwyższony poziom zapasów żelaza w organizmie, zwłaszcza u osób z hemochromatozą, stanowi istotny czynnik ryzyka rozwoju zawału mięśnia sercowego. Wysoki poziom ferrytyny w surowicy, będący wskaźnikiem zapasów żelaza, wiąże się z większym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych (Eftekari et al., 2013; Ellervik et al., 2014). Regularne oddawanie krwi prowadzi do obniżenia poziomu ferrytyny, co zmniejsza ryzyko chorób serca, w tym zawałów mięśnia sercowego (Bandyopadhyay et al., 2017; Mast et al., 2020).

Regularne oddawanie krwi a redukcja ryzyka zawału serca. Wysoki poziom żelaza w organizmie został uznany za jeden z czynników ryzyka zawału mięśnia sercowego. Regularne oddawanie krwi zmniejsza to ryzyko poprzez redukcję zapasów żelaza (Salonen et al., 1992; Xu et al., 2024). Badania wykazały, że wśród dawców regularnie oddających krew częstość zdarzeń sercowo-naczyniowych jest istotnie niższa w porównaniu do osób niebędących dawcami (Salonen et al., 1992; Meyers et al., 1997; Amrein et al., 2012; Kamhieh-Milz et al., 2016; Bani-Ahmad et al., 2017; Pepper et al., 2019). Ponadto, stężenie ferrytyny w surowicy maleje wraz ze wzrostem liczby donacji, co jest związane ze zmniejszeniem ryzyka zawału mięśnia sercowego (Holay et al., 2012). Oddanie krwi może obniżyć ryzyko zawału aż o 86% (Tuomainen et al., 1997).

Oddawanie krwi a regulacja ciśnienia tętniczego. Nadciśnienie tętnicze jest jednym z najczęściej występujących problemów zdrowotnych w populacji, dotyczącym około jednej trzeciej społeczeństwa i będącym istotnym czynnikiem ryzyka chorób sercowo-naczyniowych. Prognozy wskazują, że do 2025 roku liczba osób chorujących na nadciśnienie wzrośnie o 60% (Mills et al., 2020). W kontekście poszukiwania skutecznych metod kontroli nadciśnienia coraz większą uwagę zwraca się na regularne oddawanie krwi, które, jak wykazano, może wpływać na obniżenie wartości ciśnienia poprzez zmniejszenie

lepkości krwi (Holsworth et al., 2014; Sloop et al., 2015).

Wpływ ten został potwierdzony w badaniu Casiglia i wsp. (1996), w którym przeanalizowano dane 594 dawców krwi na przestrzeni 13 lat. Wyniki wykazały, że chociaż surowe wartości ciśnienia skurczowego z czasem wzrastały, to po korekcie statystycznej zauważono jego obniżenie. Co więcej, im większa liczba donacji, tym mniejszy wzrost ciśnienia skurczowego w długoterminowej obserwacji. Analiza regresji wielokrotnej potwierdziła, że zależność ta była odwrotna – osoby oddające więcej krwi doświadczały mniejszego wzrostu ciśnienia skurczowego (Casiglia et al., 1996).

Kolejne badania dostarczyły dodatkowych dowodów na korzystny wpływ donacji krwi na ciśnienie tętnicze, szczególnie u osób z nadciśnieniem. Przeprowadzone przez Kamhieh-Milz i wsp. (2016) badanie na 292 dawcach wykazało, że u uczestników z nadciśnieniem po czterech donacjach doszło do istotnego obniżenia zarówno ciśnienia skurczowego, jak i rozkurczowego. Co istotne, im częstsze oddawanie krwi, tym większa poprawa wartości ciśnienia tętniczego, zwłaszcza u osób z nadciśnieniem II stopnia. Efekt ten był niezależny od zmian w liczbie krwinek czy metabolizmie żelaza, co sugeruje, że mechanizm redukcji ciśnienia może być związany bezpośrednio z obniżeniem lepkości krwi (Kamhieh-Milz et al., 2016).

Obserwacje te potwierdzają wcześniejsze wyniki badań, w których regularne oddawanie krwi skutkowało redukcją ciśnienia skurczowego nawet o ponad 15 mmHg, co stanowi efekt terapeutycznie istotny (Houshyar et al., 2012). Co więcej, częstsze donacje były związane z lepszymi wynikami w zakresie kontroli ciśnienia tętniczego (Yücel et al., 2016). Warto również podkreślić, że obniżenie ciśnienia tętniczego może przyczyniać się do zmniejszenia częstości występowania bólów głowy, które są częstym objawem nadciśnienia (Abolghasemi et al., 2010; Getta et al., 2018).

W obliczu rosnącej liczby przypadków nadciśnienia oraz wysokich kosztów leczenia farmakologicznego, regularne oddawanie krwi może stanowić wartościowe uzupełnienie terapii nadciśnienia tętniczego (ryc. 2). Jest to metoda nie tylko stosunkowo prosta i bezpieczna, ale także potencjalnie obniżająca koszty opieki zdrowotnej oraz ryzyko działań niepożądanych związanych z farmakoterapią (Holsworth et al., 2014).



Ryc. 2. Oddawanie krwi a regulacja ciśnienia tętniczego

Oddawanie krwi a miażdżyca. Podwyższona lepkość krwi stanowi istotny czynnik ryzyka choroby miażdżycowej układu krążenia, co zostało szeroko udokumentowane w literaturze (Becker, 1993; Taco-Vasquez et al., 2019). Oddawanie krwi prowadzi do istotnego zmniejszenia jej lepkości na skutek utraty fibrynogenu, albumin oraz lipidów podczas donacji, co przekłada się na obniżone ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych (Sloop, 1998; Bani-Ahmad et al., 2017; Kebalo et al., 2022). Regularna donacja krwi sprzyja redukcji lepkości osocza poprzez obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego, lipoprotein o małej

gęstości (LDL) oraz trójglicerydów (Uche et al., 2013; Bani-Ahmad et al., 2017). Ponadto, zmniejszona lepkość krwi redukuje czas rezydencji cząstek aterogennych, jednocześnie zwiększając ekspresję czynników protekcyjnych, takich jak tlenek azotu (NO), który odgrywa kluczową rolę w homeostazie naczyniowej (Sloop, 1998; Russo et al., 2002).

Regularne oddawanie krwi, przy odpowiednich przerwach, pomaga w długoterminowej prewencji miażdżycy poprzez poprawę kondycji serca i naczyń krwionośnych, a także zmniejszenie ryzyka rozwoju chorób związanych z miażdżycą (ryc. 3).



Ryc. 3. Oddawanie krwi a miażdżyca

Zjawisko to potwierdzają badania, które wykazują istotne zmiany w parametrach reologicznych krwi po donacji. Na przykład, w badaniach przeprowadzonych przez Bukara i wsp. (2016) stwierdzono, że obniżenie hematokrytu (Ht) u dawców krwi z 44% do 41% skutkuje redukcją lepkości osocza z 1,98 do 1,55 centystoksa w okresie jednego tygodnia po oddaniu krwi. Zmiany te mogą korzystnie wpływać na funkcjonowanie układu krążenia i zmniejszać ryzyko powikłań sercowo-naczyniowych.

Istotnym aspektem wpływu oddawania krwi na zdrowie jest także rola żelaza w patogenezie miażdżycy, szczególnie w jej wczesnych stadiach. Nadmierna ilość żelaza w organizmie oraz wynikający z tego stres oksydacyjny są uznawane za czynniki sprzyjające rozwojowi miażdżycy (Sharkey-Toppen et al., 2014; Roemhild et al., 2021; Guo et al., 2023). Regularne oddawanie krwi prowadzi do obniżenia poziomu żelaza i zmniejszenia peroksydacji lipidów, co przekłada się na poprawę funkcjonowania układu sercowo-naczyniowego (Finch et al., 1977; Meyers et al., 1997). Udowodniono, że donacja krwi może skutkować redukcją poziomu LDL oraz wpływać na czynniki biorące udział w patogenezie miażdżycy (van Jaarsveld and Pool, 2002). Co więcej, każde oddanie krwi redukuje poziom żelaza w organizmie o około 250 mg (Meyers et al., 1997), co stanowi skuteczną strategię profilaktyki miażdżycy.

Hipotezę o korzystnym wpływie redukcji zapasów żelaza na procesy oksydacyjne potwierdzają także badania eksperymentalne. Na przykład, badanie Salonen i wsp. (1995) miało na celu sprawdzenie, czy upust krwi zmniejsza podatność na utlenianie lipoprotein aterogennych w surowicy. W badaniu wzięło udział 14 mężczyzn będących nałogowymi palaczami, z podwyższonym poziomem ferrytyny. Wyniki wykazały, że redukcja zapasów żelaza poprzez oddawanie krwi zwiększa oporność lipoprotein VLDL/LDL na utlenianie, co może zmniejszać ryzyko rozwoju miażdżycy u osób narażonych na stres oksydacyjny (Salonen et al., 1995).

Podobne efekty zaobserwowano w badaniu van Jaarsveld i Pool (2002), które oceniało wpływ regularnej donacji krwi na czynniki przyczyniające się do rozwoju miażdżycy. Analiza przeprowadzona u 23 zdrowych mężczyzn wykazała, że oddawanie

krwi sprzyja wzrostowi stężenia lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL) i apoA oraz poprawia potencjał oksydacyjny LDL. Wnioski z tego badania sugerują, że regularna donacja krwi jest skuteczną metodą zwiększania oksydacyjnego potencjału LDL oraz poprawy profilu lipidowego (van Jaarsveld and Pool, 2002).

Kolejne badania dostarczają dodatkowych dowodów na korzyści płynące z regularnego oddawania krwi dla profilu lipidowego organizmu. Badanie Uche i wsp. (2013), w którym uczestniczyły 82 osoby, wykazało, że regularni dawcy krwi mają istotnie niższy poziom cholesterolu całkowitego, triglicerydów i LDL w porównaniu do osób oddających krew sporadycznie. Ponadto, stosunek LDL/HDL wśród regularnych dawców wskazywał na korzystniejszy profil lipidowy, co potwierdza ochronne działanie donacji krwi przed chorobami sercowo-naczyniowymi.

Dodatkowe potwierdzenie tych wyników dostarczyło badanie przeprowadzone w Banku Krwi w Sulaimani w Iraku, które porównywało profile biochemiczne dawców regularnych oraz osób oddających krew po raz pierwszy. Stwierdzono, że poziom LDL oraz ferrytyny były istotnie niższe u osób regularnie oddających krew, co sugeruje, że wielokrotne donacje mogą przynosić długofalowe korzyści zdrowotne. Wyniki te podkreślają, że oddawanie krwi nie tylko wspiera zdrowie układu krążenia, ale może także działać jako strategia prewencyjna w redukcji czynników ryzyka miażdżycy (Getta et al., 2018).

Oddawanie krwi a choroba wieńcowa.

Choroba wieńcowa serca wynika z niewystarczającego dopływu krwi bogatej w tlen do mięśnia sercowego, co jest konsekwencją zwężenia światła tętnic przez blaszki miażdżycowe (Shahjehan et al., 2024). Kluczową rolę w utrzymaniu prawidłowej funkcji naczyń krwionośnych odgrywa śródbłonek, który reguluje ich strukturę, procesy hemostazy oraz interakcje komórkowe (van Hinsbergh, 2012).

Zaburzenia w funkcjonowaniu śródbłoneka mogą prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych. Dysfunkcja tej warstwy skutkuje zwiększoną oksydacją lipidów, adhezją leukocytów, aktywacją płytek krwi oraz stanem zapalnym naczyń, co przyczynia się do progresji miażdżycy (Rajendran et al., 2013; Xu et al., 2021). Poszukiwanie metod poprawiających funkcję śródbłoneka ma zatem istotne znaczenie w prewencji i leczeniu choroby wieńcowej.

Jednym z takich sposobów może być regularne oddawanie krwi (ryc. 4). Badania wykazały, że proces ten korzystnie wpływa na funkcję śródbłonna (van Jaarsveld and Pool, 2002). Co więcej, efekt ten jest bardziej wyraźny u osób oddających krew częściej (Zheng et al., 2005), co sugeruje, że regularne donacje mogą

spowalniać rozwój choroby wieńcowej. Mechanizm ten związany jest między innymi z obniżeniem lepkości krwi oraz redukcją nadmiaru żelaza, co może działać ochronnie przed chorobą niedokrwinną serca (Quee et al., 2022).



Ryc. 4. Oddawanie krwi a choroba wieńcowa

Jednakże wpływ wielokrotnego oddawania krwi na organizm nie jest jednoznaczny. Niektóre badania sugerują, że częste donacje mogą prowadzić do niekorzystnych zmian w poziomach lipidów, które mogą nieznacznie zwiększać ryzyko choroby wieńcowej, choć nie wpływają na ogólne ryzyko chorób sercowo-naczyniowych. Przykładem jest badanie Bani-Ahmad i wsp. (2017), które oceniało wpływ wielokrotnych donacji krwi na poziom lipidów w surowicy oraz ryzyko chorób sercowo-naczyniowych.

W badaniu tym uczestniczyło 100 mężczyzn, z których połowa stanowili wielokrotni dawcy, a druga połowa – dawcy jednorazowi. Analizowano poziomy lipidów w surowicy (CHO), w tym trójglicerydów (TG), lipoprotein o bardzo niskiej gęstości (VLDL) oraz lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL), a także obliczano wskaźniki aterogenne, takie jak stosunki TG/HDL i CHO/HDL. Wyniki wykazały, że u wielokrotnych dawców obserwowano wyższe stężenia trójglicerydów i VLDL oraz niższy poziom HDL w porównaniu do jednorazowych dawców. Co istotne, zmiany te były silnie skorelowane z liczbą przeprowad-

zonych donacji. Pomimo zauważalnych różnic w parametrach QRISK2 między grupami, po uwzględnieniu wieku, BMI i statusu palenia, żaden z tych parametrów nie wykazywał istotnej korelacji z liczbą donacji (Bani-Ahmad et al., 2017).

Oddawanie krwi a zespół metaboliczny.

Zespół metaboliczny (MS) stanowi zbiorczą jednostkę kliniczną obejmującą insulinoporność, nietolerancję glukozy, dyslipidemię, nadciśnienie tętnicze oraz otyłość brzuszna (Huang, 2009). Współczesne badania wskazują, że MS dotyka około 25% populacji USA i staje się coraz bardziej rozpowszechniony w Europie (Saklayen, 2018). Chociaż jego etiopatogeneza nie została w pełni wyjaśniona, liczne doniesienia naukowe sugerują istotną rolę stresu oksydacyjnego wynikającego z nadmiernej akumulacji żelaza jako potencjalnego czynnika patogenetycznego (Masenga et al., 2023).

Nagromadzenie żelaza wykazuje istotny związek z wieloma komponentami zespołu metabolicznego, w tym cukrzycą oraz nadciśnieniem tętniczym (Basuli et al., 2014; Kilani et al., 2015). Dodatkowo, wykazano

korelację między poziomem ferrytyny w surowicy a występowaniem retinopatii nadciśnieniowej (Coban et al., 2010) oraz podwyższonymi rezerwami żelaza u osób z nadciśnieniem tętniczym (Piperno et al., 2002). Co więcej, liczne badania potwierdzają, że nadmiar żelaza może przyczyniać się do rozwoju insulinooporności i cukrzycy (Simcox and McClain, 2013; Krisai et al., 2016; Sam et al., 2023). W kontekście zespołu metabolicznego istotne okazują się również ferrytyna i transferryna, które pozostają powiązane z jego obecnością oraz składowymi (Vari et al. 2007; Sun et al. 2008). Co istotne, podwyższony poziom ferrytyny stanowi niezależny czynnik ryzyka uszkodzenia naczyń krwionośnych w przebiegu niealkoholowego stłuszczenia wątroby i MS (Valenti et al., 2011), a przeciążenie organizmu żelazem może odgrywać kluczową rolę w patogenezie tego schorzenia (Dongiovanni et al., 2011).

Z uwagi na negatywny wpływ nadmiaru żelaza na procesy metaboliczne, redukcja jego

poziomu, m.in. poprzez regularne oddawanie krwi, może przynosić korzyści zdrowotne osobom z MS (ryc. 5). Badania wykazały, że upusty krwi oraz stosowanie chelatorów żelaza mogą ograniczać ryzyko rozwoju cukrzycy w przypadku przeciążenia organizmu tym pierwiastkiem (Houschyar et al., 2012). Co więcej, kontrolowane zmniejszanie zasobów żelaza prowadzi do istotnego obniżenia ciśnienia krwi, poprawy gospodarki węglowodanowej oraz redukcji częstości akcji serca w spoczynku już po 6 tygodniach interwencji (Zacharski et al., 2007). Korelację między spadkiem poziomu ferrytyny a zmianami ciśnienia krwi i poprawą wrażliwości na insulinę potwierdziły także inne badania (Sheu et al., 2003; Liu et al., 2015). Co ciekawe, umiarkowana redukcja zapasów żelaza poprzez oddawanie krwi poprawia również markery ryzyka sercowo-naczyniowego oraz glikemię u pacjentów z MS (Houschyar et al., 2012).



Ryc. 5. Oddawanie krwi a zespół metaboliczny

Przykładem praktycznego podejścia do monitorowania metabolicznych skutków donacji krwi jest inicjatywa Japońskiego Czerwonego Krzyża, który wprowadził oznaczanie glikowanej albuminy (GA) u wszystkich dawców krwi jako markeru kontroli glikemii. Badanie Araki i wsp. (2012), obejmujące 3,14 miliona dawców, wykazało, że wartości GA

różnią się w zależności od wieku i płci, przy czym po 60. roku życia u obu płci wyrównywały się (14,8%). Wyniki wskazują, że badania przesiewowe GA mogą skutecznie identyfikować osoby z ryzykiem cukrzycy, a informowanie dawców o podwyższonym poziomie GA może sprzyjać poprawie kontroli glikemii.

Dalsze dowody na wpływ oddawania krwi na metabolizm dostarcza badanie Borai i wsp. (2016), które oceniło wpływ donacji na wskaźniki metaboliczne u mężczyzn z prawidłową tolerancją glukozy. Po oddaniu pełnej krwi zaobserwowano krótkotrwały wzrost poziomu glukozy na czczo, insuliny i wskaźnika insulinooporności HOMA-IR, natomiast po trzech tygodniach odnotowano znaczący spadek poziomu HbA1c (~3%). Zmniejszenie zapasów żelaza, mierzonego jako poziom ferrytyny, utrzymywało się nawet do trzech tygodni po donacji, co może wpływać na interpretację badań metabolicznych u regularnych dawców.

Podobne obserwacje poczynili Dijkstra i wsp. (2017), którzy wykazali, że oddanie pełnej krwi znacząco obniża poziom hemoglobiny glikowanej (HbA1c) zarówno u zdrowych dawców, jak i u osób z cukrzycą typu 2. Efekt ten utrzymywał się przez dziewięć tygodni po donacji i był szczególnie wyraźny u dawców z prawidłowym poziomem ferrytyny przed oddaniem krwi. Ze względu na potencjalne ryzyko błędnej oceny kontroli glikemii u osób regularnie oddających krew, wyniki te sugerują konieczność ostrożnej interpretacji tego parametru w praktyce klinicznej.

Co istotne, korzystny wpływ regularnej donacji krwi na metabolizm potwierdziło również badanie Fernández-Real i wsp. (2005). Wykazano, że częste oddawanie krwi (2–10 donacji) wiąże się ze zwiększoną wrażliwością na insulinę oraz obniżonymi zapasami żelaza, co może redukować ryzyko cukrzycy typu 2 i chorób sercowo-naczyniowych. Mężczyźni regularnie oddający krew mieli istotnie wyższą insulinowrażliwość i niższy poziom ferrytyny w porównaniu z osobami, które nigdy nie oddawały krwi, co sugeruje, że nadmiar żelaza może negatywnie wpływać na metabolizm nawet u osób zdrowych. W kontekście tych wyników konieczne wydaje się określenie bezpiecznych norm magazynowania żelaza w organizmie, aby optymalizować korzyści zdrowotne wynikające z donacji krwi.

Oddawanie krwi a gospodarka lipidowa.

Dyslipidemia jest jednym z kluczowych czynników ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego i globalnej śmiertelności (Du and Qin, 2023). Wzrost poziomu cholesterolu we

krwi obserwuje się u osób w różnych grupach wiekowych, co często wynika z niezdrowego trybu życia oraz nadmiernego spożycia tłuszczów. Istnieje również silna korelacja pomiędzy podwyższonym stężeniem lipidów a nadciśnieniem tętniczym, co znacząco zwiększa ryzyko rozwoju choroby niedokrwiennej serca (Ariyanti and Besral, 2019; Alloubani et al., 2021).

W kontekście regulacji gospodarki lipidowej coraz większą uwagę zwraca się na wpływ oddawania krwi (ryc. 6). Badania wykazały, że regularna donacja nie tylko prowadzi do redukcji ładunku żelaza i ferrytyny, ale również hamuje procesy utleniania lipidów. W konsekwencji przyczynia się to do obniżenia poziomu lipoprotein o niskiej gęstości (LDL) oraz zmniejszenia ryzyka chorób sercowo-naczyniowych (van Jaarsveld and Pool, 2002; Houshyar et al., 2012; Uche et al., 2013; Rosa-Bray et al., 2013). Co istotne, pierwsze korzystne zmiany w profilu lipidowym mogą pojawić się już w ciągu 24 godzin od donacji. Dodatkowo istnieją doniesienia sugerujące pozytywny wpływ oddawania krwi na poziom lipoprotein o wysokiej gęstości (HDL), które pełnią kluczową rolę w ochronie naczyń krwionośnych oraz neutralizacji wolnych rodników (Ansell et al., 2005; Ansell et al., 2007; Bandeali and Farmer, 2012).

Potwierdzeniem tych obserwacji są wyniki badań epidemiologicznych, które wskazują, że osoby regularnie oddające krew charakteryzują się korzystniejszym profilem lipidowym oraz niższym ryzykiem chorób układu krążenia (Bani-Ahmad et al., 2017). Zauważono, że wielokrotni dawcy mają niższe stężenie cholesterolu całkowitego i LDL, a także bardziej optymalne proporcje TC/HDL oraz LDL/HDL w porównaniu do osób oddających krew jednorazowo. Szczególnie istotne znaczenie ma redukcja tych wskaźników, ponieważ ich nieprawidłowe wartości są silnie powiązane z rozwojem miażdżycy i choroby niedokrwiennej serca (Kebalo et al., 2022). Co więcej, wysoki poziom HDL u regularnych dawców krwi może sprzyjać efektywniejszemu usuwaniu cholesterolu z tkanek obwodowych i jego transportowi do wątroby, gdzie ulega on metabolizmowi (Calabresi et al., 2003).



Ryc. 6. Oddawanie krwi a gospodarka lipidowa

Podsumowując, wyniki badań wskazują, że regularne oddawanie krwi może odgrywać istotną rolę w poprawie parametrów metabolicznych, redukcji ryzyka chorób sercowo-naczyniowych oraz utrzymaniu ogólnej kondycji zdrowotnej, zwłaszcza u osób z zespołem metabolicznym.

Wpływ oddawania krwi na detoksykację organizmu. Substancje perfluoroalkilowe i polifluoroalkilowe (PFAS) stanowią grupę syntetycznych związków chemicznych szeroko stosowanych w przemyśle i produktach konsumenckich, takich jak teflon, materiały plamoodporne i wodoodporne, farby oraz pianki gaśnicze. Ich wyjątkowa stabilność chemiczna sprawia, że są odporne na degradację, co jednocześnie przyczynia się do ich bioakumulacji w organizmach żywych. W efekcie mogą pozostawać w ludzkim organizmie przez długi czas, prowadząc do potencjalnych konsekwencji zdrowotnych (Panieri et al., 2022).

Wielokrotna ekspozycja na PFAS została powiązana z licznymi niekorzystnymi skutkami zdrowotnymi, w tym zaburzeniami funkcji tarczycy, wzrostem masy ciała, hipercholesterolemią oraz dysfunkcją wątroby. Ponadto, istnieją doniesienia o ich możliwym wpływie na zwiększone ryzyko rozwoju niektórych nowotworów (Panieri et al., 2022). Szczególnie problematyczne są związki takie jak sulfonian

perfluoroheksanu (PFHxS), sulfonian perfluorooktanu (PFOS) oraz kwas perfluorooktanowy (PFOA), które charakteryzują się długim okresem półtrwania w organizmie ludzkim – przykładowo, PFOS może pozostawać w organizmie nawet przez 4,8 roku. Ze względu na ich zdolność do wiązania się z białkami surowicy, potencjalną metodą eliminacji PFAS może być usunięcie części krwi, w której się znajdują (Peritore et al., 2023).

Na tym tle szczególne zainteresowanie budzi hipoteza, że regularne oddawanie krwi może wspomagać eliminację PFAS z organizmu. Badania obserwacyjne wykazały, że osoby regularnie oddające krew mają niższe stężenie tych związków w surowicy, co sugeruje, że donacja może stanowić skuteczną metodę detoksykacji organizmu (Gasiorowski et al., 2022). W celu weryfikacji tej zależności przeprowadzono badanie na grupie 285 strażaków w Australii, którzy mieli podwyższone stężenie perfluorooktanosulfonianu (PFOS) w surowicy (≥ 5 ng/mL).

Uczestników badania podzielono na trzy grupy: pierwsza oddawała osocze co 6 tygodni, druga oddawała krew co 12 tygodni, a trzecia – grupa kontrolna – nie podlegała żadnej interwencji. Po 12 miesiącach największy spadek poziomu PFOS (2,9 ng/mL) zaobserwowano u dawców osocza, natomiast u dawców krwi wyniósł on 1,1 ng/mL. W grupie kontrolnej nie

odnotowano żadnych zmian. Co więcej, tylko oddawanie osocza skutkowało również obniżeniem poziomu perfluorohexanosulfonianu (PFHxS), co wskazuje na jego większą skuteczność w usuwaniu PFAS z organizmu (Gasiorowski et al., 2022). Chociaż wyniki badań sugerują, że donacja osocza jest bardziej efektywna niż oddawanie krwi w redukcji PFAS, obie metody okazują się korzystniejsze niż brak interwencji. Konieczne są jednak dalsze

badania, aby lepiej zrozumieć długoterminowe konsekwencje kliniczne tej strategii eliminacji PFAS oraz jej wpływ na zdrowie ogólne.

Podsumowując, można stwierdzić, że regularne oddawanie krwi pomaga w obniżeniu poziomu żelaza w organizmie, co może zmniejszyć ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych, ponieważ nadmiar żelaza sprzyja powstawaniu wolnych rodników i uszkodzeniu ścian naczyń krwionośnych (ryc. 7).



Ryc. 7. Oddawanie krwi a funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego

Oddawanie krwi może również poprawić profil lipidowy, obniżając poziom „złego” cholesterolu LDL, co z kolei zmniejsza ryzyko miażdżycy i chorób serca. Dzięki obniżeniu poziomu żelaza oraz poprawie poziomu cholesterolu, regularne oddawanie krwi może zmniejszyć ryzyko wystąpienia zawału serca. Proces ten wspomaga zdrowie naczyń krwionośnych, poprawiając ich elastyczność i zapobiegając uszkodzeniom związanym z wysokim poziomem tłuszczów i cholesterolu w organizmie. Dodatkowo, regularne oddawanie krwi może przyczynić się do obniżenia ciśnienia tętniczego, zwłaszcza u osób z nadciśnieniem, poprzez poprawę ogólnego stanu zdrowia układu sercowo-naczyniowego. Wpływa to również na obniżenie poziomu „złego” cholesterolu LDL oraz poprawę profilu lipidowego, co zmniejsza ryzyko rozwoju miażdżycy i związanych z nią problemów z układem

krążenia. Regularne oddawanie krwi może wspierać zdrowie serca, zmniejszając ryzyko choroby wieńcowej i innych chorób układu sercowo-naczyniowego, dzięki zmniejszeniu poziomu tłuszczu i poprawie profilu lipidowego. Ponadto, może działać profilaktycznie u osób z większym ryzykiem rozwoju chorób sercowo-naczyniowych, pomagając im w utrzymaniu zdrowego poziomu żelaza i cholesterolu. Co więcej, oddawanie krwi wspiera usuwanie substancji toksycznych z organizmu, w tym metali ciężkich, które mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie serca i układu krążenia.

Oddawanie krwi a ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe. Oddawanie krwi stanowi nie tylko ważną formę wsparcia dla pacjentów wymagających transfuzji, lecz także może przyczynić się do zmniejszenia ryzyka zachorowania na choroby nowotworowe (ryc. 8).



Ryc. 8. Oddawanie krwi a ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe

Jednym z głównych mechanizmów, przez które oddawanie krwi wpływa na zmniejszenie ryzyka onkologicznego, jest usuwanie uszkodzonych komórek krwi oraz obniżenie poziomu żelaza w organizmie. Żelazo, chociaż jest niezbędnym minerałem w wielu procesach biologicznych, w nadmiarze jest uznawane za czynnik ryzyka zarówno chorób serca (Li and Zhang, 2021), jak i nowotworowych (Torti et al., 2018).

W literaturze naukowej podkreśla się, że wysoki poziom żelaza sprzyja karcynogenezie, w szczególności poprzez jego rolę w generowaniu reaktywnych form tlenu (RFT), w tym wolnych rodników (Halliwell and Gutteridge, 1986). Nadmiar żelaza w organizmie może prowadzić do uszkodzenia DNA, co zwiększa ryzyko mutacji genetycznych i w konsekwencji rozwoju nowotworów (Zeidan et al., 2024). Liczne badania wskazują na związek między wysokim poziomem żelaza a występowaniem nowotworów płuc, wątroby, jelita grubego, żołądka i przełyku (Tiniakos and Williams, 1988; Selby and Friedman, 1988; Knekt et al., 1994; Nelson et al., 1994; Zacharski et al., 2008; Zhang et al., 2012). Żelazo, jako silny prooksydant, przyczynia się do powstawania RFT oraz wolnych rodników, które uszkadzają komórki, a tym samym przyspieszają procesy nowotworowe (Ying et al., 2021).

Ponadto, komórki nowotworowe wykazują tendencję do lepszego wzrostu w środowisku obfitującym w żelazo, co sugeruje, że jego nadmiar może wspomagać procesy proliferacji nowotworowej (Halliwell and Gutteridge, 1986; Hann et al., 1988; Huang, 2003). W związku z tym oddawanie krwi, jako skuteczny sposób na obniżenie nadmiaru żelaza w organizmie, może działać ochronnie, zmniejszając stres oksydacyjny i ograniczając ryzyko rozwoju nowotworów (Edgren et al., 2008; Wen et al., 2014).

Korelacja między poziomem żelaza a ryzykiem nowotworowym znalazła swoje odzwierciedlenie w badaniach dotyczących regularnych dawców krwi. Ze względu na utratę żelaza po każdej donacji krwi pełnej postawiono hipotezę, że osoby regularnie oddające krew mogą mieć inne ryzyko rozwoju nowotworów w porównaniu z osobami rzadziej oddającymi krew lub jej nieoddającymi (Edgren et al., 2008). Dodatkowo, donacje krwi prowadzą do tymczasowych zmian w układzie odpornościowym, takich jak obniżenie poziomu i aktywności komórek NK (natural killer) oraz wzmożona proliferacja komórek po każdej donacji, co może mieć wpływ na nowotwory hematologiczne (Marquet et al., 1993; Lasek et al., 1994; Ishii et al., 2016).

Warto zauważyć, że choroby związane z nadmiarem żelaza, takie jak dziedziczna hemochromatoza, są powiązane ze zwiększonym ryzykiem nowotworów, w szczególności raka wątrobowokomórkowego, zwłaszcza u pacjentów z marskością wątroby (Kowdley, 2004). Istnieją również dowody na możliwy związek nadmiaru żelaza z ryzykiem raka jelita grubego (Nelson, 2001; Agudo et al., 2013).

Chociaż wiele badań analizowało związek między oddawaniem krwi a ryzykiem nowotworów, ich wyniki pozostają niejednoznaczne. Niektóre badania wykazały, że ryzyko nowotworów jest u dawców niższe lub nie różni się od populacji ogólnej (Merk et al., 1990; Edgren et al., 2007, 2008; Zhang et al., 2012; Zhao et al., 2020), podczas gdy inne wskazują na wyższą zapadalność na określone typy nowotworów wśród dawców krwi (Merk et al., 1990; Edgren et al., 2007, 2008; Vahidnia et al., 2013).

Niektóre z tych rozbieżności mogą wynikać z błędu selekcyjnego określanego jako „efekt zdrowego dawcy” (HDE, *healthy donor effect*). Efekt ten polega na tym, że osoby o lepszym stanie zdrowia częściej decydują się na oddawanie krwi, a procedury kwalifikacyjne dodatkowo potęgują ten efekt. W konsekwencji, porównywanie tej stosunkowo zdrowszej grupy z populacją niedawców (lub rzadko oddających krew) bez odpowiednich korekt może prowadzić do błędnych wniosków sugerujących, że dawcy mają niższe ryzyko wielu chorób (Atsma et al., 2011a,b).

Interesujące wyniki przyniosło skandynawskie badanie kliniczno-kontrolne, w którym oceniano wpływ redukcji żelaza poprzez donację krwi. Analiza danych ze Szwecji i Danii wykazała tendencję do zmniejszonego ryzyka nowotworów wątroby, płuc, jelita grubego, żołądka i przełyku u mężczyzn w okresie latencji wynoszącym od 3 do 7 lat (Edgren et al., 2008). Należy jednak zaznaczyć, że badanie to nie uwzględniało istotnych czynników zakłócających, takich jak palenie tytoniu, spożycie alkoholu, dieta czy aktywność fizyczna, co mogło wpłynąć na uzyskane wyniki.

Z kolei w badaniu amerykańskim nie stwierdzono istotnych różnic w ryzyku raka jelita grubego u regularnych dawców krwi płci męskiej w porównaniu do niedawców (Zhang et al., 2012). Choć w tym badaniu nie zastosowano metod minimalizujących wpływ efektu zdrowego dawcy, wyniki dotyczące nowotworów przewodu pokarmowego były zgodne z wcześniejszymi ustaleniami.

Najbardziej kompleksowe podejście zastosowano w badaniu australijskim Rahmana i wsp. (2024), które analizowało ryzyko nowotworów przewodu pokarmowego, jelita grubego, piersi oraz nowotworów hematologicznych u regularnych dawców krwi pełnej. Wykorzystując zaawansowane metody statystyczne, takie jak ważenie odwrotności prawdopodobieństwa oraz *doubly robust g-methods*, nie stwierdzono istotnych różnic w ryzyku wystąpienia badanych nowotworów między grupami o różnej częstotliwości donacji (Rahman et al., 2024).

Podsumowując, wyniki badań wskazują, że regularne oddawanie krwi może przyczyniać się do zmniejszenia ryzyka nowotworów poprzez regulację poziomu żelaza w organizmie. Mechanizm ten, poprzez redukcję stresu oksydacyjnego i obniżenie ryzyka mutacji genetycznych, może odgrywać istotną rolę w prewencji nowotworów.

Podsumowanie

Honorowe krwiodawstwo odgrywa niezastąpioną rolę w systemie ochrony zdrowia, zapewniając niezbędne składniki krwi do ratowania życia pacjentów wymagających transfuzji. Krew, będąca jednym z najważniejszych leków w medycynie, wciąż nie ma syntetycznego substytutu, co czyni donacje kluczowym elementem w zapewnianiu ciągłej dostępności tego cennego zasobu. Proces oddawania krwi, obejmujący kwalifikację dawcy oraz szczegółowe badania laboratoryjne, gwarantuje zarówno bezpieczeństwo biorcy, jak i dawcy.

Regularne oddawanie krwi niesie ze sobą liczne korzyści zdrowotne, takie jak poprawa kondycji układu krążenia, zmniejszenie ryzyka chorób sercowo-naczyniowych oraz obniżenie poziomu żelaza w organizmie. Dodatkowo, darczyńcy krwi doświadczają satysfakcji z niesienia pomocy innym oraz mają możliwość korzystania z przywilejów zdrowotnych i materialnych. Dzięki temu krwiodawstwo nie tylko ratuje życie, ale także sprzyja budowaniu więzi społecznych i promowaniu altruistycznych wartości.

Edukacja społeczeństwa na temat znaczenia krwiodawstwa i jego wpływu na zdrowie publiczne jest niezbędna, aby zapewnić stałą gotowość do ratowania życia. Warto podkreślić, że honorowe krwiodawstwo stanowi fundament współczesnej medycyny, a jego systematyczne wspieranie jest niezbędne do utrzymania bezpieczeństwa transfuzjologicznego na całym świecie.

Finansowanie / Funding / Фінансування

Niniejsze badanie nie otrzymało zewnętrznego finansowania / This research received no external funding / Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

Oświadczenie o dostępności danych / Data Availability Statement / Заява про доступність даних

Badanie nie wygenerowało nowych danych, opiera się na analizie teoretycznej / The study did not generate new data, it is based on theoretical analysis / Дослідження не створювало нових даних, базується на теоретичному аналізі.

Oświadczenie instytucjonalnej komisji rewizyjnej / Institutional Review Board Statement / Заява інституційної ревізійної ради

Nie dotyczy / Not applicable / Не застосовується.

Oświadczenie o świadomej zgodzie / Informed Consent Statement / Заява про інформовану згоду

Nie dotyczy / Not applicable / Не застосовується.

Konflikt interesów / Conflict of interest / Конфлікт інтересів

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów / The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Oświadczenie dotyczące wykorzystania generatywnej sztucznej inteligencji i technologii opartych na AI w procesie tworzenia tekstu / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process / Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання

W niniejszym badaniu nie wykorzystywano generatywnej sztucznej inteligencji ani technologii opartych na AI do zbierania, analizy czy interpretacji danych / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data / У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних.

Bibliografia

Abolghasemi, H., Hosseini-Divkalayi, N. S., & Seighali, F. (2010). Blood donor incentives: A step forward or backward. *Asian journal of transfusion science*, 4(1), 9–13. <https://doi.org/10.4103/0973-6247.59385>

Agudo, A., Bonet, C., Sala, N., Muñoz, X., Aranda, N., Fonseca-Nunes, A., Clavel-Chapelon, F., Boutron-Ruault, M. C., Vineis, P., Panico, S., Palli, D., Tumino, R., Grioni, S., Quirós, J. R., Molina, E., Navarro, C., Barricarte, A., Chamosa, S., Allen, N. E., Khaw, K. T., ... Jakszyn, P. (2013). Hemochromatosis (HFE) gene mutations and risk of gastric cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Carcinogenesis*, 34(6), 1244–1250. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgt045>

Alloubani, A., Nimer, R., & Samara, R. (2021). Relationship between Hyperlipidemia, Cardiovascular Disease and Stroke: A Systematic Review. *Current cardiology reviews*, 17(6), e051121189015. <https://doi.org/10.2174/1573403X16999201210200342>

Amrein, K., Valentin, A., Lanzer, G., & Drexler, C. (2012). Adverse events and safety issues in blood donation – a comprehensive review. *Blood reviews*, 26(1), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2011.09.003>

- Ansell, B. J., Fonarow, G. C., & Fogelman, A. M. (2007). The paradox of dysfunctional high-density lipoprotein. *Current opinion in lipidology*, 18(4), 427–434. <https://doi.org/10.1097/MOL.0b013e3282364a17>
- Ansell, B. J., Watson, K. E., Fogelman, A. M., Navab, M., & Fonarow, G. C. (2005). High-density lipoprotein function recent advances. *Journal of the American College of Cardiology*, 46(10), 1792–1798. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.06.080>
- Araki, T., Ishikawa, Y., Okazaki, H., Tani, Y., Toyooka, S., Satake, M., Miwa, U., Tadokoro, K., & Japanese Red Cross GA Research Group (2012). Introduction of glycated albumin measurement for all blood donors and the prevalence of a high glycated albumin level in Japan. *Journal of diabetes investigation*, 3(6), 492–497. <https://doi.org/10.1111/j.2040-1124.2012.00224.x>
- Ariyanti, R., & Besral, B. (2019). Dyslipidemia Associated with Hypertension Increases the Risks for Coronary Heart Disease: A Case-Control Study in Harapan Kita Hospital, National Cardiovascular Center, Jakarta. *Journal of lipids*, 2019, 2517013. <https://doi.org/10.1155/2019/2517013>
- Ascherio, A., Rimm, E. B., Giovannucci, E., Willett, W. C., & Stampfer, M. J. (2001). Blood donations and risk of coronary heart disease in men. *Circulation*, 103(1), 52–57. <https://doi.org/10.1161/01.cir.103.1.52>
- Atsma, F., Veldhuizen, I., de Vegt, F., Doggen, C., & de Kort, W. (2011a). Cardiovascular and demographic characteristics in whole blood and plasma donors: results from the Donor InSight study. *Transfusion*, 51(2), 412–420. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2010.02867.x>
- Atsma, F., Veldhuizen, I., Verbeek, A., de Kort, W., & de Vegt, F. (2011b). Healthy donor effect: its magnitude in health research among blood donors. *Transfusion*, 51(8), 1820–1828. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2010.03055.x>
- Balaskas, S., Rigou, M., Xenos, M., & Mallas, A. (2024). Behavioral Intentions to Donate Blood: The Interplay of Personality, Emotional Arousal, and the Moderating Effect of Altruistic versus Egoistic Messages on Young Adults. *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)*, 14(8), 731. <https://doi.org/10.3390/bs14080731>
- Bandeali, S., & Farmer, J. (2012). High-density lipoprotein and atherosclerosis: the role of antioxidant activity. *Current atherosclerosis reports*, 14(2), 101–107. <https://doi.org/10.1007/s11883-012-0235-2>
- Bandyopadhyay, S., Brittenham, G. M., Francis, R. O., Zimring, J. C., Hod, E. A., & Spitalnik, S. L. (2017). Iron-deficient erythropoiesis in blood donors and red blood cell recovery after transfusion: initial studies with a mouse model. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue*, 15(2), 158–164. <https://doi.org/10.2450/2017.0349-16>
- Bani-Ahmad, M. A., Khabour, O. F., Gharibeh, M. Y., & Alshloul, K. N. (2017). The impact of multiple blood donations on the risk of cardiovascular diseases: Insight of lipid profile. *Transfusion clinique et biologique: journal de la Societe francaise de transfusion sanguine*, 24(4), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2017.07.001>
- Basuli, D., Stevens, R. G., Torti, F. M., & Torti, S. V. (2014). Epidemiological associations between iron and cardiovascular disease and diabetes. *Frontiers in pharmacology*, 5, 117. <https://doi.org/10.3389/fphar.2014.00117>

Becker R. C. (1993). The role of blood viscosity in the development and progression of coronary artery disease. *Cleveland Clinic journal of medicine*, 60(5), 353–358. <https://doi.org/10.3949/ccjm.60.5.353>

Bhuiyea, M. S. H., Faiyaz, S. R., Jaman, N., & Uddin, M. J. (2022). Factors influencing voluntary blood donation practice among university students of Bangladesh. *Transfusion and apheresis science: official journal of the World Apheresis Association: official journal of the European Society for Haemapheresis*, 61(4), 103379. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2022.103379>

Blood Donor Selection: Guidelines on Assessing Donor Suitability for Blood Donation. Geneva: World Health Organization; 2012. 3, *Assessing donor suitability*. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138211/>

Blood Donor Selection: Guidelines on Assessing Donor Suitability for Blood Donation. Geneva: World Health Organization; 2012. 4, *General donor assessment*. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138219/>

Borai, A., Livingstone, C., Farzal, A., Baljoon, D., Al Sofyani, A., Bahijri, S., Kadam, I., Hafiz, K., Abdelaal, M., & Ferns, G. (2016). Changes in metabolic indices in response to whole blood donation in male subjects with normal glucose tolerance. *Clinical biochemistry*, 49(1-2), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2015.08.023>

Brittenham G. M. (2011). Iron deficiency in whole blood donors. *Transfusion*, 51(3), 458–461. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2011.03062.x>

Bukar, A., Ajayi, O. I., Obi, S., Olaniyam. M.F., Abba, A., Aladenika, S., Osakue, E. O., Jeremiah, Z. A., Waziri, G., Medugu, J. T., Geidam, U., Audu, N., Abja, U. M., Wurno, M. (2016). Effects of Blood Donations on Haemorheology: A study on Blood Donors in Wurno Maternity Clinic, Babaldu. *Sokoto journal of medical laboratory science*, 1(1), 152–155

Calabresi, L., Gomaraschi, M., & Franceschini, G. (2003). Endothelial protection by high-density lipoproteins: from bench to bedside. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 23(10), 1724–1731. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000094961.74697.54>

Casiglia, E., Biasin, R., Cavatton, G., Capuani, M., Marotti, A., Onesto, C., Tramontin, P., & Pessina, A. C. (1996). Lower blood pressure values in blood donors? *Japanese heart journal*, 37(6), 897–903. <https://doi.org/10.1536/ihj.37.897>

Choudhury, D., Tuncel, M., & Levi, M. (2009). Disorders of lipid metabolism and chronic kidney disease in the elderly. *Seminars in nephrology*, 29(6), 610–620. <https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2009.07.006>

Coban, E., Alkan, E., Altuntas, S., & Akar, Y. (2010). Serum ferritin levels correlate with hypertensive retinopathy. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 16(2), CR92–CR95

Day, S. M., Duquaine, D., Mundada, L. V., Menon, R. G., Khan, B. V., Rajagopalan, S., & Fay, W. P. (2003). Chronic iron administration increases vascular oxidative stress and accelerates arterial thrombosis. *Circulation*, 107(20), 2601–2606. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000066910.02844.D0>

Dijkstra, A., Lenters-Westra, E., de Kort, W., Bokhorst, A. G., Bilo, H. J., Slingerland, R. J., & Vos, M. J. (2017). Whole Blood Donation Affects the Interpretation of Hemoglobin A1c. *PloS one*, 12(1), e0170802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170802>

- Dongiovanni, P., Fracanzani, A. L., Fargion, S., & Valenti, L. (2011). Iron in fatty liver and in the metabolic syndrome: a promising therapeutic target. *Journal of hepatology*, 55(4), 920–932. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2011.05.008>
- Dorle, A., Gajbe, U., Singh, B. R., Noman, O., & Dawande, P. (2023). A Review of Amelioration of Awareness About Blood Donation Through Various Effective and Practical Strategies. *Cureus*, 15(10), e46892. <https://doi.org/10.7759/cureus.46892>
- Du, Z., & Qin, Y. (2023). Dyslipidemia and Cardiovascular Disease: Current Knowledge, Existing Challenges, and New Opportunities for Management Strategies. *Journal of clinical medicine*, 12(1), 363. <https://doi.org/10.3390/jcm12010363>
- Edgren, G., Reilly, M., Hjalgrim, H., Tran, T. N., Rostgaard, K., Adami, J., Titlestad, K., Shanwell, A., Melbye, M., & Nyrén, O. (2008). Donation frequency, iron loss, and risk of cancer among blood donors. *Journal of the National Cancer Institute*, 100(8), 572–579. <https://doi.org/10.1093/jnci/djn084>
- Edgren, G., Tran, T. N., Hjalgrim, H., Rostgaard, K., Shanwell, A., Titlestad, K., Wikman, A., Norda, R., Jersild, C., Wideroff, L., Gridley, G., Adami, J., Melbye, M., Nyrén, O., & Reilly, M. (2007). Improving health profile of blood donors as a consequence of transfusion safety efforts. *Transfusion*, 47(11), 2017–2024. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2007.01425.x>
- Eftekhari, M. H., Mozaffari-Khosravi, H., Shidfar, F., & Zamani, A. (2013). Relation between Body Iron Status and Cardiovascular Risk Factors in Patients with Cardiovascular Disease. *International journal of preventive medicine*, 4(8), 911–916
- Ellervik, C., Marott, J. L., Tybjaerg-Hansen, A., Schnohr, P., & Nordestgaard, B. G. (2014). Total and cause-specific mortality by moderately and markedly increased ferritin concentrations: general population study and metaanalysis. *Clinical chemistry*, 60(11), 1419–1428. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.229013>
- Ferguson, E., Farrell, K., & Lawrence, C. (2008). Blood donation is an act of benevolence rather than altruism. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 27(3), 327–336. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.3.327>
- Fernández-Real, J. M., López-Bermejo, A., & Ricart, W. (2005). Iron stores, blood donation, and insulin sensitivity and secretion. *Clinical chemistry*, 51(7), 1201–1205. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2004.046847>
- Finch, C. A., Cook, J. D., Labbe, R. F., & Culala, M. (1977). Effect of blood donation on iron stores as evaluated by serum ferritin. *Blood*, 50(3), 441–447
- Galaris, D., Barbouti, A., & Pantopoulos, K. (2019). Iron homeostasis and oxidative stress: An intimate relationship. *Biochimica et biophysica acta. Molecular cell research*, 1866(12), 118535. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2019.118535>
- Gasiorowski, R., Forbes, M. K., Silver, G., Krastev, Y., Hamdorf, B., Lewis, B., Tisbury, M., Cole-Sinclair, M., Lanphear, B. P., Klein, R. A., Holmes, N., & Taylor, M. P. (2022). Effect of Plasma and Blood Donations on Levels of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in Firefighters in Australia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA network open*, 5(4), e226257. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.6257>
- Gasparovic Babic, S., Krsek, A., & Baticic, L. (2024). Voluntary Blood Donation in Modern Healthcare: Trends, Challenges, and Opportunities. *Epidemiologia (Basel, Switzerland)*, 5(4), 770–784. <https://doi.org/10.3390/epidemiologia5040052>

- Gebre-Yohannes, A., & Rahlenbeck, S. I. (1998). Coronary heart disease risk factors among blood donors in northwest Ethiopia. *East African medical journal*, 75(9), 495–500
- Germain, M., Delage, G., Blais, C., Maunsell, E., Décary, F., & Grégoire, Y. (2013). Iron and cardiac ischemia: a natural, quasi-random experiment comparing eligible with disqualified blood donors. *Transfusion*, 53(6), 1271–1279. <https://doi.org/10.1111/trf.12081>
- Getta, H. A., Ahmad, H. A., Rahman, H. S., Ahmed, G. A., & Abdullah, R. (2018). Medical and laboratory assessment for regular blood donors in Sulaimani Blood Bank, Iraq. *Patient preference and adherence*, 12, 939–944. <https://doi.org/10.2147/PPA.S157221>
- Goodnough, L. T., & Panigrahi, A. K. (2017). Blood Transfusion Therapy. *The Medical clinics of North America*, 101(2), 431–447. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2016.09.012>
- Guo, Q., Qian, C., & Qian, Z. M. (2023). Iron metabolism and atherosclerosis. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 34(7), 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2023.04.003>
- Guo, S., Mao, X., Li, X., & Ouyang, H. (2022). Association between iron status and incident coronary artery disease: a population based-cohort study. *Scientific reports*, 12(1), 17490. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22275-0>
- Gyuris, P., Gáspár, B. G., Birkás, B., Csókási, K., & Kocsor, F. (2021). Help Is in Your Blood-Incentive to “Double Altruism” Resolves the Plasma Donation Paradox. *Frontiers in psychology*, 12, 653848. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.653848>
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (1986). Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *Archives of biochemistry and biophysics*, 246(2), 501–514. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(86\)90305-x](https://doi.org/10.1016/0003-9861(86)90305-x)
- Hann, H. W., Stahlhut, M. W., & Blumberg, B. S. (1988). Iron nutrition and tumor growth: decreased tumor growth in iron-deficient mice. *Cancer research*, 48(15), 4168–4170
- Hindawi, S., Badawi, M., Hussein, D., Al-Riyami, A. Z., Daghaman, N. A., Rafie, N. I., Belgasm, N. M., Al Zaabi, E., & Oumeziane, N. (2021). The impact of blood donation on blood counts and ferritin levels: A multi-center study from the Eastern Mediterranean region. *Transfusion and apheresis science: official journal of the World Apheresis Association: official journal of the European Society for Haemapheresis*, 60(3), 103072. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2021.103072>
- Holay, M. P., Choudhary, A. A., & Suryawanshi, S. D. (2012). Serum ferritin-a novel risk factor in acute myocardial infarction. *Indian heart journal*, 64(2), 173–177. [https://doi.org/10.1016/S0019-4832\(12\)60056-X](https://doi.org/10.1016/S0019-4832(12)60056-X)
- Holsworth, R. E., Jr, Cho, Y. I., Weidman, J. J., Sloop, G. D., & St Cyr, J. A. (2014). Cardiovascular benefits of phlebotomy: relationship to changes in hemorheological variables. *Perfusion*, 29(2), 102–116. <https://doi.org/10.1177/0267659113505637>
- Houschyar, K. S., Lüdtke, R., Dobos, G. J., Kalus, U., Broecker-Preuss, M., Rampp, T., Brinkhaus, B., & Michalsen, A. (2012). Effects of phlebotomy-induced reduction of body iron stores on metabolic syndrome: results from a randomized clinical trial. *BMC medicine*, 10, 54. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-54>
- Huang, P. L. (2009). A comprehensive definition for metabolic syndrome. *Disease models & mechanisms*, 2(5-6), 231–237. <https://doi.org/10.1242/dmm.001180>

- Huang, X. (2003). Iron overload and its association with cancer risk in humans: evidence for iron as a carcinogenic metal. *Mutation research*, 533(1-2), 153–171. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2003.08.023>
- Imam, M. U., Zhang, S., Ma, J., Wang, H., & Wang, F. (2017). Antioxidants Mediate Both Iron Homeostasis and Oxidative Stress. *Nutrients*, 9(7), 671. <https://doi.org/10.3390/nu9070671>
- Infanti, L., Leitner, G., Moe, M., Pehlic, V., Cattaneo, M., Benkert, P., Holbro, A., Passweg, J., Worel, N., & Buser, A. (2024). Blood donation for iron removal in individuals with HFE mutations: study of efficacy and safety and short review on hemochromatosis and blood donation. *Frontiers in medicine*, 11, 1362941. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1362941>
- Ishii, K., Birmann, B. M., Zhang, X., Giovannucci, E., & Bertrand, K. A. (2016). A prospective analysis of blood donation history and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Leukemia & lymphoma*, 57(6), 1423–1428. <https://doi.org/10.3109/10428194.2015.1091928>
- Jiang, R., Ma, J., Ascherio, A., Stampfer, M. J., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2004). Dietary iron intake and blood donations in relation to risk of type 2 diabetes in men: a prospective cohort study. *The American journal of clinical nutrition*, 79(1), 70–75. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.1.70>
- Jomova, K., Raptova, R., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2023). Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: chronic diseases and aging. *Archives of toxicology*, 97(10), 2499–2574. <https://doi.org/10.1007/s00204-023-03562-9>
- Kadoglou, N. P. E., Biddulph, J. P., Rafnsson, S. B., Trivella, M., Nihoyannopoulos, P., & Demakakos, P. (2017). The association of ferritin with cardiovascular and all-cause mortality in community-dwellers: The English longitudinal study of ageing. *PloS one*, 12(6), e0178994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178994>
- Kamhieh-Milz, S., Kamhieh-Milz, J., Tauchmann, Y., Ostermann, T., Shah, Y., Kalus, U., Salama, A., & Michalsen, A. (2016). Regular blood donation may help in the management of hypertension: an observational study on 292 blood donors. *Transfusion*, 56(3), 637–644. <https://doi.org/10.1111/trf.13428>
- Kaur, A., Kaur, R., Sood, T., Malhotra, A., Arun, P., Mittal, K., Kaur, P., Kaur, G., & Prakash, K. (2023). Physiological and psychological stress response of blood donors during the blood donation process. *Vox sanguinis*, 118(12), 1061–1068. <https://doi.org/10.1111/vox.13541>
- Kebalo, A. H., Gizaw, S. T., Gnanasekaran, N., & Areda, B. G. (2022). Lipid and Haematologic Profiling of Regular Blood Donors Revealed Health Benefits. *Journal of blood medicine*, 13, 385–394. <https://doi.org/10.2147/JBM.S367990>
- Khan, F., Singh, K., & Friedman, M. T. (2020). Artificial Blood: The History and Current Perspectives of Blood Substitutes. *Discoveries (Craiova, Romania)*, 8(1), e104. <https://doi.org/10.15190/d.2020.1>
- Kilani, N., Vollenweider, P., Waeber, G., & Marques-Vidal, P. (2015). Iron metabolism and incidence of metabolic syndrome. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 25(11), 1025–1032. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.07.005>
- Kiss J. E. (2015). Laboratory and genetic assessment of iron deficiency in blood donors. *Clinics in laboratory medicine*, 35(1), 73–91. <https://doi.org/10.1016/j.cll.2014.10.011>

- Knekt, P., Reunanen, A., Takkunen, H., Aromaa, A., Heliövaara, M., & Hakulinen, T. (1994). Body iron stores and risk of cancer. *International journal of cancer*, 56(3), 379–382. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910560315>
- Kowdley K. V. (2004). Iron, hemochromatosis, and hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology*, 127(5 Suppl. 1), S79–S86. <https://doi.org/10.1016/j.gastro.2004.09.019>
- Krisai, P., Leib, S., Aeschbacher, S., Kofler, T., Assadian, M., Maseli, A., Todd, J., Estis, J., Risch, M., Risch, L., & Conen, D. (2016). Relationships of iron metabolism with insulin resistance and glucose levels in young and healthy adults. *European journal of internal medicine*, 32, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2016.03.017>
- Lasek, W., Jakobisiak, M., & Stoklosa, T. (1994). Decreased natural killer cell activity in whole-blood donors does not seem to result in increased cancer incidence. *Transfusion*, 34(4), 359–360. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.1994.34494233589.x>
- Li, S., & Zhang, X. (2021). Iron in Cardiovascular Disease: Challenges and Potentials. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 707138. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.707138>
- Liu, B. W., Xuan, X. M., Liu, J. R., Li, F. N., & Yin, F. Z. (2015). The Relationship between Serum Ferritin and Insulin Resistance in Different Glucose Metabolism in Nonobese Han Adults. *International journal of endocrinology*, 2015, 642194. <https://doi.org/10.1155/2015/642194>
- Magnusson, M. K., Sigfusson, N., Sigvaldason, H., Johannesson, G. M., Magnusson, S., & Thorgeirsson, G. (1994). Low iron-binding capacity as a risk factor for myocardial infarction. *Circulation*, 89(1), 102–108. <https://doi.org/10.1161/01.cir.89.1.102>
- Mahida, V. I., Bhatti, A., & Gupte, S. C. (2008). Iron status of regular voluntary blood donors. *Asian journal of transfusion science*, 2(1), 9–12. <https://doi.org/10.4103/0973-6247.39504>
- Makowicz, D., Dziubaszewska, R., Lisowicz, K., & Makowicz, N. (2022). Impact of regular blood donation on the human body; donors' perspective. Donors' opinion on side effects of regular blood donation on human body. *Journal of Transfusion Medicine*, 15(2), 133–140. <https://doi.org/10.5603/JTM.2022.0011>
- Manascero-Gómez, A. R., Bravo-Espinosa, M., Solano-Muriel, K., & Poutou-Piñales, R. A. (2015). Influence of blood donation time intervals on ferritin and hemoglobin concentration. *Transfusion and apheresis science: official journal of the World Apheresis Association: official journal of the European Society for Haemapheresis*, 53(2), 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2015.03.020>
- Mantadakis, E., Panagopoulou, P., Kontekaki, E., Bezirgiannidou, Z., & Martinis, G. (2022). Iron Deficiency and Blood Donation: Links, Risks and Management. *Journal of blood medicine*, 13, 775–786. <https://doi.org/10.2147/JBM.S375945>
- Marquet, R. L., Hoyneck van Papendrecht, M. A., Busch, O. R., & Jeekel, J. (1993). Blood donation leads to a decrease in natural killer cell activity: a study in normal blood donors and cancer patients. *Transfusion*, 33(5), 368–373. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.1993.33593255594.x>
- Masenga, S. K., Kabwe, L. S., Chakulya, M., & Kirabo, A. (2023). Mechanisms of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome. *International journal of molecular sciences*, 24(9), 7898. <https://doi.org/10.3390/ijms24097898>

- Mast, A. E., Szabo, A., Stone, M., Cable, R. G., Spencer, B. R., Kiss, J. E., & NHLBI Recipient Epidemiology Donor Evaluation Study (REDS)-III (2020). The benefits of iron supplementation following blood donation vary with baseline iron status. *American journal of hematology*, 95(7), 784–791. <https://doi.org/10.1002/ajh.25800>
- Merk, K., Mattsson, B., Mattsson, A., Holm, G., Gullbring, B., & Björkholm, M. (1990). The incidence of cancer among blood donors. *International journal of epidemiology*, 19(3), 505–509. <https://doi.org/10.1093/ije/19.3.505>
- Meyers D. G. (2000). The iron hypothesis: does iron play a role in atherosclerosis?. *Transfusion*, 40(8), 1023–1029. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.2000.40081023.x>
- Meyers, D. G., Jensen, K. C., & Menitove, J. E. (2002). A historical cohort study of the effect of lowering body iron through blood donation on incident cardiac events. *Transfusion*, 42(9), 1135–1139. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.2002.00186.x>
- Meyers, D. G., Strickland, D., Maloley, P. A., Seburg, J. K., Wilson, J. E., & McManus, B. F. (1997). Possible association of a reduction in cardiovascular events with blood donation. *Heart (British Cardiac Society)*, 78(2), 188–193. <https://doi.org/10.1136/hrt.78.2.188>
- Mills, K. T., Stefanescu, A., & He, J. (2020). The global epidemiology of hypertension. *Nature reviews. Nephrology*, 16(4), 223–237. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0244-2>
- Milman N. (1996). Serum ferritin in Danes: studies of iron status from infancy to old age, during blood donation and pregnancy. *International journal of hematology*, 63(2), 103–135. [https://doi.org/10.1016/0925-5710\(95\)00426-2](https://doi.org/10.1016/0925-5710(95)00426-2)
- Milman, N., & Kirchhoff, M. (1991). The influence of blood donation on iron stores assessed by serum ferritin and hemoglobin in a population survey of 1359 Danish women. *Annals of hematology*, 63(1), 27–32. <https://doi.org/10.1007/BF01714957>
- Müller, M., Ruf, E., Weinauer, F., Martin, S., Becker, C., Illig, T., Döring, A., Wichmann, H. E., & Rapp, S. (2009). Die BSD Gesundheitsstudie: eine Pilotstudie zur Untersuchung der Vergleichbarkeit bayerischer Blutspender mit der Allgemeinbevölkerung Bayerns durch einen Vergleich mit KORA S4 (The BSD Health Study: a pilot study to examine the comparability of Bavarian blood donors with the Bavarian general population by a comparison with KORA S4). *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, 71(8-9), 481–488. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1119368>
- Muñoz-Bravo, C., Gutiérrez-Bedmar, M., Gómez-Aracena, J., García-Rodríguez, A., & Navajas, J. F. (2013). Iron: protector or risk factor for cardiovascular disease? Still controversial. *Nutrients*, 5(7), 2384–2404. <https://doi.org/10.3390/nu5072384>
- Myers, D.J., Collins, R.A. Blood Donation. (Updated 2024 Oct 7). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525967/>
- Nadarajan, V. S., & Eow, G. I. (2002). Anaemia and iron status among blood donors in a blood transfusion unit in Malaysia. *The Malaysian journal of pathology*, 24(2), 99–102
- Nelson R. L. (2001). Iron and colorectal cancer risk: human studies. *Nutrition reviews*, 59(5), 140–148. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2001.tb07002.x>

- Nelson, R. L., Davis, F. G., Sutter, E., Sobin, L. H., Kikendall, J. W., & Bowen, P. (1994). Body iron stores and risk of colonic neoplasia. *Journal of the National Cancer Institute*, 86(6), 455–460. <https://doi.org/10.1093/jnci/86.6.455>
- Panieri, E., Baralic, K., Djukic-Cosic, D., Buha Djordjevic, A., & Saso, L. (2022). PFAS Molecules: A Major Concern for the Human Health and the Environment. *Toxics*, 10(2), 44. <https://doi.org/10.3390/toxics10020044>
- Pedrigi, R. M., de Silva, R., Bovens, S. M., Mehta, V. V., Petretto, E., & Krams, R. (2014). Thin-cap fibro-atheroma rupture is associated with a fine interplay of shear and wall stress. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 34(10), 2224–2231. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.114.303426>
- Peffer, K., den Heijer, M., de Kort, W. L. A. M., Verbeek, A. L. M., & Atsma, F. (2019). Cardiovascular risk in 159 934 frequent blood donors while addressing the healthy donor effect. *Heart (British Cardiac Society)*, 105(16), 1260–1265. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2018-314138>
- Peritore, A. F., Gugliandolo, E., Cuzzocrea, S., Crupi, R., & Britti, D. (2023). Current Review of Increasing Animal Health Threat of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): Harms, Limitations, and Alternatives to Manage Their Toxicity. *International journal of molecular sciences*, 24(14), 11707. <https://doi.org/10.3390/ijms241411707>
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian journal of clinical biochemistry: IJCB*, 30(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Przywileje Honorowego Dawcy Krwi (n.d.). Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa w Gdańsku. Available from: <https://www.rckik.wroclaw.pl/krwiodawstwo-Przywileje-Honorowego-Dawcy-Krwi-13-3.html>
- Przywileje Krwiodawców (n.d.). Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa w Gdańsku. Available from: <https://krew.gda.pl/przywileje-krwiodawcow,295,pl.html>
- Piperno, A., Trombini, P., Gelosa, M., Mauri, V., Pecci, V., Vergani, A., Salvioni, A., Mariani, R., & Mancina, G. (2002). Increased serum ferritin is common in men with essential hypertension. *Journal of hypertension*, 20(8), 1513–1518. <https://doi.org/10.1097/00004872-200208000-00013>
- Porter, J. L., & Rawla, P. Hemochromatosis. (Updated 2024 Oct 6). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430862/>
- Quee, F. A., Peffer, K., Ter Braake, A. D., & Van den Hurk, K. (2022). Cardiovascular Benefits for Blood Donors? A Systematic Review. *Transfusion medicine reviews*, 36(3), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2022.04.004>
- Rahman, M. M., Hayen, A., Olynyk, J. K., Cust, A. E., Irving, D. O., & Karki, S. (2024). Regular whole blood donation and gastrointestinal, breast, colorectal and haematological cancer risk among blood donors in Australia. *Vox sanguinis*, 119(12), 1234–1244. <https://doi.org/10.1111/vox.13734>
- Rajendran, P., Rengarajan, T., Thangavel, J., Nishigaki, Y., Sakthisekaran, D., Sethi, G., & Nishigaki, I. (2013). The vascular endothelium and human diseases. *International journal of biological sciences*, 9(10), 1057–1069. <https://doi.org/10.7150/ijbs.7502>

- Ramakrishna, G., Rooke, T. W., & Cooper, L. T. (2003). Iron and peripheral arterial disease: revisiting the iron hypothesis in a different light. *Vascular medicine (London, England)*, 8(3), 203–210. <https://doi.org/10.1191/1358863x03vm493ra>
- Reddy, K. V., Shastry, S., Raturi, M., & Baliga B, P. (2020). Impact of Regular Whole-Blood Donation on Body Iron Stores. *Transfusion medicine and hemotherapy: offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft fur Transfusionsmedizin und Immunhamatologie*, 47(1), 75–79. <https://doi.org/10.1159/000499768>
- Reddy, M. B., & Clark, L. (2004). Iron, oxidative stress, and disease risk. *Nutrition reviews*, 62(3), 120–124. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2004.tb00033.x>
- Roemhild, K., von Maltzahn, F., Weiskirchen, R., Knüchel, R., von Stillfried, S., & Lammers, T. (2021). Iron metabolism: pathophysiology and pharmacology. *Trends in pharmacological sciences*, 42(8), 640–656. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2021.05.001>
- Rosa-Bray, M., Wisdom, C., Wada, S., Johnson, B. R., Grifols-Roura, V., & Grifols-Lucas, V. (2013). Prospective multicentre study of the effect of voluntary plasmapheresis on plasma cholesterol levels in donors. *Vox sanguinis*, 105(2), 108–115. <https://doi.org/10.1111/vox.12031>
- Russo, G., Leopold, J. A., & Loscalzo, J. (2002). Vasoactive substances: nitric oxide and endothelial dysfunction in atherosclerosis. *Vascular pharmacology*, 38(5), 259–269. [https://doi.org/10.1016/s1537-1891\(02\)00250-1](https://doi.org/10.1016/s1537-1891(02)00250-1)
- Saklayen M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current hypertension reports*, 20(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>
- Salonen, J. T., Korpela, H., Nyyssönen, K., Porkkala, E., Tuomainen, T. P., Belcher, J. D., Jacobs, D. R., Jr, & Salonen, R. (1995). Lowering of body iron stores by blood letting and oxidation resistance of serum lipoproteins: a randomized cross-over trial in male smokers. *Journal of internal medicine*, 237(2), 161–168. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.1995.tb01156.x>
- Salonen, J. T., Nyyssönen, K., Korpela, H., Tuomilehto, J., Seppänen, R., & Salonen, R. (1992). High stored iron levels are associated with excess risk of myocardial infarction in eastern Finnish men. *Circulation*, 86(3), 803–811. <https://doi.org/10.1161/01.cir.86.3.803>
- Salonen, J. T., Tuomainen, T. P., Salonen, R., Lakka, T. A., & Nyyssönen, K. (1998). Donation of blood is associated with reduced risk of myocardial infarction. The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *American journal of epidemiology*, 148(5), 445–451. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009669>
- Sam, R. M., Shetty, S. S., Kumari N, S., Kp, S., & Bhandary, P. (2023). Association between iron profile status and insulin resistance in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 22(2), 1453–1458. <https://doi.org/10.1007/s40200-023-01268-4>
- Samis A. J. (2008). Use of Blood Components in the Intensive Care Unit. *Critical care medicine*, 36(5), 1655–1656. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318170157b>
- Sawicki, K. T., De Jesus, A., & Ardehali, H. (2023). Iron Metabolism in Cardiovascular Disease: Physiology, Mechanisms, and Therapeutic Targets. *Circulation research*, 132(3), 379–396. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.122.321667>
- Screening Donated Blood for Transfusion-Transmissible Infections: Recommendations. Geneva: World Health Organization; 2009. 4, Screening for transfusion-transmissible infections. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK142989/>

- Selby, J. V., & Friedman, G. D. (1988). Epidemiologic evidence of an association between body iron stores and risk of cancer. *International journal of cancer*, 41(5), 677–682. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910410507>
- Shahjehan, R. D., Sharma, S., & Bhutta, B. S. Coronary Artery Disease. (Updated 2024 Oct 9). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564304/>
- Sharkey-Toppen, T. P., Tewari, A. K., & Raman, S. V. (2014). Iron and atherosclerosis: nailing down a novel target with magnetic resonance. *Journal of cardiovascular translational research*, 7(5), 533–542. <https://doi.org/10.1007/s12265-014-9551-y>
- Sheu, W. H., Chen, Y. T., Lee, W. J., Wang, C. W., & Lin, L. Y. (2003). A relationship between serum ferritin and the insulin resistance syndrome is present in non-diabetic women but not in non-diabetic men. *Clinical endocrinology*, 58(3), 380–385. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2265.2003.01729.x>
- Simcox, J. A., & McClain, D. A. (2013). Iron and diabetes risk. *Cell metabolism*, 17(3), 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.02.007>
- Sloop G. D. (1998). Possible association of a reduction in cardiovascular events with blood donation. *Heart (British Cardiac Society)*, 79(4), 422. <https://doi.org/10.1136/hrt.79.4.422>
- Sloop, G., Holsworth, R. E., Jr, Weidman, J. J., & St Cyr, J. A. (2015). The role of chronic hyperviscosity in vascular disease. *Therapeutic advances in cardiovascular disease*, 9(1), 19–25. <https://doi.org/10.1177/1753944714553226>
- Sullivan J. L. (1981). Iron and the sex difference in heart disease risk. *Lancet (London, England)*, 1(8233), 1293–1294. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(81\)92463-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(81)92463-6)
- Sun, L., Franco, O. H., Hu, F. B., Cai, L., Yu, Z., Li, H., Ye, X., Qi, Q., Wang, J., Pan, A., Liu, Y., & Lin, X. (2008). Ferritin concentrations, metabolic syndrome, and type 2 diabetes in middle-aged and elderly chinese. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 93(12), 4690–4696. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-1159>
- Taco-Vasquez, E. D., Barrera, F., Serrano-Duenas, M., Jimenez, E., Rocuts, A., & Riveros Perez, E. (2019). Association between Blood Viscosity and Cardiovascular Risk Factors in Patients with Arterial Hypertension in a High Altitude Setting. *Cureus*, 11(1), e3925. <https://doi.org/10.7759/cureus.3925>
- Thorpe, R., Masser, B., Coundouris, S. P., Hyde, M. K., Kruse, S. P., & Davison, T. E. (2024). The health impacts of blood donation: a systematic review of donor and non-donor perceptions. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue*, 22(1), 7–19. <https://doi.org/10.2450/BloodTransfus.494>
- Tiniakos, G., & Williams, R. (1988). Cirrhotic process, liver cell carcinoma and extrahepatic malignant tumors in idiopathic haemochromatosis. Study of 71 patients treated with venesection therapy. *Applied pathology*, 6(2), 128–138
- Torti, S. V., Manz, D. H., Paul, B. T., Blanchette-Farra, N., & Torti, F. M. (2018). Iron and Cancer. *Annual review of nutrition*, 38, 97–125. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082117-051732>
- Tuomainen, T. P., Salonen, R., Nyssönen, K., & Salonen, J. T. (1997). Cohort study of relation between donating blood and risk of myocardial infarction in 2682 men in eastern Finland. *BMJ (Clinical research ed.)*, 314(7083), 793–794. <https://doi.org/10.1136/bmj.314.7083.793>

- Uche, E., Adediran, A., Damulak, O., Adeyemo, T., Akinbami, A., & Akanmu, A. (2013). Lipid profile of regular blood donors. *Journal of blood medicine*, 4, 39–42. <https://doi.org/10.2147/JBM.S42211>
- Vahidnia, F., Hirschler, N. V., Agapova, M., Chinn, A., Busch, M. P., & Custer, B. (2013). Cancer Incidence and Mortality in a Cohort of US Blood Donors: A 20-Year Study. *Journal of cancer epidemiology*, 2013, 814842. <https://doi.org/10.1155/2013/814842>
- Valenti, L., Swinkels, D. W., Burdick, L., Dongiovanni, P., Tjalsma, H., Motta, B. M., Bertelli, C., Fatta, E., Bignamini, D., Rametta, R., Fargion, S., & Fracanzani, A. L. (2011). Serum ferritin levels are associated with vascular damage in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 21(8), 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2010.01.003>
- van den Hurk, K., Zalpuri, S., Prinsze, F. J., Merz, E. M., & de Kort, W. L. A. M. (2017). Associations of health status with subsequent blood donor behavior-An alternative perspective on the Healthy Donor Effect from Donor InSight. *PloS one*, 12(10), e0186662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186662>
- van Hinsbergh V. W. (2012). Endothelium--role in regulation of coagulation and inflammation. *Seminars in immunopathology*, 34(1), 93–106. <https://doi.org/10.1007/s00281-011-0285-5>
- van Jaarsveld, H., & Pool, G. F. (2002). Beneficial effects of blood donation on high density lipoprotein concentration and the oxidative potential of low density lipoprotein. *Atherosclerosis*, 161(2), 395–402. [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(01\)00638-4](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(01)00638-4)
- Vari, I. S., Balkau, B., Kettaneh, A., André, P., Tichet, J., Fumeron, F., Caces, E., Marre, M., Grandchamp, B., Ducimetière, P., & DESIR Study Group (2007). Ferritin and transferrin are associated with metabolic syndrome abnormalities and their change over time in a general population: Data from an Epidemiological Study on the Insulin Resistance Syndrome (DESIR). *Diabetes care*, 30(7), 1795–1801. <https://doi.org/10.2337/dc06-2312>
- Wang, X., Shen, Y., Shang, M., Liu, X., & Munn, L. L. (2023). Endothelial mechanobiology in atherosclerosis. *Cardiovascular research*, 119(8), 1656–1675. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvad076>
- Wen, C. P., Lee, J. H., Tai, Y. P., Wen, C., Wu, S. B., Tsai, M. K., Hsieh, D. P., Chiang, H. C., Hsiung, C. A., Hsu, C. Y., & Wu, X. (2014). High serum iron is associated with increased cancer risk. *Cancer research*, 74(22), 6589–6597. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-14-0360>
- Williams, M. J., Poulton, R., & Williams, S. (2002). Relationship of serum ferritin with cardiovascular risk factors and inflammation in young men and women. *Atherosclerosis*, 165(1), 179–184. [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(02\)00233-2](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(02)00233-2)
- Xu, S., Ilyas, I., Little, P. J., Li, H., Kamato, D., Zheng, X., Luo, S., Li, Z., Liu, P., Han, J., Harding, I. C., Ebong, E. E., Cameron, S. J., Stewart, A. G., & Weng, J. (2021). Endothelial Dysfunction in Atherosclerotic Cardiovascular Diseases and Beyond: From Mechanism to Pharmacotherapies. *Pharmacological reviews*, 73(3), 924–967. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.120.000096>
- Xu, X., Liu, J., Huang, Y., & Han, X. (2024). Effect of iron status on myocardial infarction: A two-sample Mendelian randomization study. *Heliyon*, 10(24), e40516. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40516>
- Ying, J. F., Lu, Z. B., Fu, L. Q., Tong, Y., Wang, Z., Li, W. F., & Mou, X. Z. (2021). The role of iron homeostasis and iron-mediated ROS in cancer. *American journal of cancer research*, 11(5), 1895–1912

Yücel, H., Zorlu, A., Kaya, H., & Yılmaz, M. B. (2016). Regular blood donation improves endothelial function in adult males. *Anatolian journal of cardiology*, 16(3), 154–158. <https://doi.org/10.5152/akd.2015.6093>

Yunce, M., Erdamar, H., Bayram, N. A., & Gok, S. (2016). One more health benefit of blood donation: reduces acute-phase reactants, oxidants and increases antioxidant capacity. *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*, 27(6), 653–657. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2015-0111>

Zacharski, L. R., Chow, B. K., Howes, P. S., Shamayeva, G., Baron, J. A., Dalman, R. L., Malenka, D. J., Ozaki, C. K., & Lavori, P. W. (2007). Reduction of iron stores and cardiovascular outcomes in patients with peripheral arterial disease: a randomized controlled trial. *JAMA*, 297(6), 603–610. <https://doi.org/10.1001/jama.297.6.603>

Zacharski, L. R., Chow, B. K., Howes, P. S., Shamayeva, G., Baron, J. A., Dalman, R. L., Malenka, D. J., Ozaki, C. K., & Lavori, P. W. (2008). Decreased cancer risk after iron reduction in patients with peripheral arterial disease: results from a randomized trial. *Journal of the National Cancer Institute*, 100(14), 996–1002. <https://doi.org/10.1093/jnci/djn209>

Zeidan, R. S., Yoon, H. S., Yang, J. J., Sobh, A., Braithwaite, D., Mankowski, R., Leeuwenburgh, C., & Anton, S. (2024). Iron and cancer: overview of the evidence from population-based studies. *Frontiers in oncology*, 14, 1393195. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1393195>

Zhang, X., Ma, J., Wu, K., Chan, A. T., Fuchs, C. S., & Giovannucci, E. L. (2012). Blood donation and colorectal cancer incidence and mortality in men. *PloS one*, 7(6), e39319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039319>

Zhao, J., Dahlén, T., Brynolf, A., & Edgren, G. (2020). Risk of hematological malignancy in blood donors: A nationwide cohort study. *Transfusion*, 60(11), 2591–2596. <https://doi.org/10.1111/trf.16020>

Zheng, H., Cable, R., Spencer, B., Votto, N., & Katz, S. D. (2005). Iron stores and vascular function in voluntary blood donors. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 25(8), 1577–1583. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000174126.28201.61>

Zorov, D. B., Juhaszova, M., & Sollott, S. J. (2014). Mitochondrial reactive oxygen species (ROS) and ROS-induced ROS release. *Physiological reviews*, 94(3), 909–950. <https://doi.org/10.1152/physrev.00026.2013>

Малгожата Градюк, Галина Ткаченко, Наталія Кургалюк

ДОНОРСТВО КРОВІ – ЖИТТЄВО ВАЖЛИВА ПРАКТИКА В ТЕРАПІЇ ТА ПОРЯТУНКУ ЖИТТЯ: КОРИСТЬ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА ВПЛИВ НА САМОПОЧУТТЯ

АНОТАЦІЯ

Мета дослідження: Стаття має на меті детальний аналіз користі донорства крові для здоров'я, з особливим акцентом на його вплив на функціонування серцево-судинної системи, регуляцію рівня заліза, ліпідний обмін, артеріальний тиск і профілактику цивілізаційних захворювань, зокрема інфаркту, атеросклерозу, ішемічної хвороби серця та раку. Крім того, представлено детоксикаційний ефект донорства крові, включаючи виведення токсинів з організму, таких як перфторалкільні речовини (PFAS).

Методологія. З метою отримання точної та всебічної інформації щодо впливу донорства крові на стан здоров'я було проведено огляд наукової літератури. Дослідження охоплювало бази даних, такі як PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Аналізовані матеріали включали наукові статті, звіти клінічних досліджень, систематичні огляди та публікації щодо значення донорства крові в терапії та порятунку життя, з особливим наголосом на його перевагах, процедурах та впливі на здоров'я донора. Стаття базується на аналізі

наявних наукових досліджень і літератури, включаючи експериментальні та епідеміологічні дані, що вказують на позитивний вплив регулярного донорства крові. Джерела походять як із досліджень донорства крові, так і з літератури про серцево-судинні, метаболічні, онкологічні захворювання та детоксикацію організму. Також були враховані дані міжнародних організацій охорони здоров'я та медичні рекомендації щодо процедур донорства крові.

Наукова новизна. Дослідження пропонує підхід до розуміння користі донорства крові, підкреслюючи його роль не лише у порятунку життя реципієнтів, а й у профілактиці та лікуванні захворювань у донорів. У статті представлено результати досліджень і аналізів, які свідчать про несподівані переваги для здоров'я людей, які регулярно здають кров. Робота об'єднує результати досліджень з різних галузей медицини, вказуючи на багатогранну користь для здоров'я, що виходить за межі традиційного розуміння переливання крові. Також містяться нові дані про роль донорства крові у детоксикації організму та його потенціал у зниженні ризику розвитку хронічних захворювань, таких як атеросклероз і рак.

Висновки. Регулярне донорство крові сприятливо впливає на серцево-судинну систему, знижуючи ризик розвитку серцевих захворювань завдяки зменшенню рівня заліза та покращенню ліпідного обміну. Воно допомагає підтримувати оптимальний рівень заліза в організмі, запобігаючи його надмірному накопиченню, що може мати негативні наслідки для здоров'я. Донорство крові також може знизити ризик інфаркту, оскільки сприяє регуляції рівня холестерину та покращенню стану кровоносних судин. Дослідження свідчать, що регулярне донорство сприяє зниженню ризику розвитку атеросклерозу та ішемічної хвороби серця. Крім того, є дані, які вказують на його потенційну роль у зменшенні ризику виникнення деяких видів раку завдяки ефективному виведенню токсинів з організму.

Ключові слова: донорство крові, функціонування серцево-судинної системи, ліпідний обмін, регуляція метаболізму заліза, профілактика захворювань, детоксикація, зниження ризику раку

Received: 11.03.2025. Accepted: 15.04.2025. Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Cite this article in APA style as:

Gradziuk M., Tkaczenko H., Kurhaluk N. Oddawanie krwi – istotna praktyka w terapii i ratowaniu życia: korzyści zdrowotne i wpływ na dobre samopoczucie. *Biota. Human. Technology.* 2025. №2. S. 19-52

Gradziuk, M., Tkaczenko, H., & Kurhaluk, N. (2025). Blood donation- a vital practice in therapy and life-saving: health benefits and impact on well-being. *Biota. Human. Technology*, (2), 19-52. (in Polish)

Information about the authors:

Gradziuk M. (in Ukrainian: **Градзюк М.**) ¹, Graduate Student, email: gosiagra@op.pl
ORCID: 0009-0008-7064-5214

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Tkaczenko H. (in Ukrainian: **Ткаченко Г.**) ², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005 Scopus-Author ID: 16032082200

Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Kurhaluk N. (in Ukrainian: **Кургалюк Н.**) ³, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092 Scopus-Author ID: 55520986600

Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

¹ Study design, data collection, manuscript preparation

² Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection

³ Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection



Copyright (c) 2025 Nataliia Tkachuk, Mariia Koroid

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Nataliia Tkachuk, Mariia Koroid

PHYTOTEST ASSESSMENT OF POTENTIAL HEALTH RISKS TO CHILDREN FROM USING SECOND-HAND AND STOCK CLOTHING WASHED WITH SYNTHETIC DETERGENTS



Наталія Ткачук, Марія Короїд

ОЦІНКА ЗА ФІТОТЕСТОМ ПОТЕНЦІЙНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОДЯГУ «СЕКОНД ХЕНД» ТА СТОКОВОГО ОДЯГУ, ВИПРАНОГО СИНТЕТИЧНИМИ МИЮЧИМИ ЗАСОБАМИ

ABSTRACT

Second-hand clothing, for the treatment of which formaldehyde is used, as well as stock clothing, are widely used in Ukraine. The toxicity of such clothing can be assessed by phytotesting using *Lepidium sativum* as a test plant. It is proposed to solve the problem of clothing toxicity by washing with synthetic detergents, which include compounds with toxic properties.

The aim of this work was to study the toxicity of reusable clothing ("second-hand") and stock clothing using *L. sativum* phytotest in different washing options with children's laundry detergents and to assess the potential health risks to children when using such clothing.

Methodology. The study used the method of questioning students about their use of second-hand clothing, as well as the method of phytotesting the toxicity of second-hand clothing and stock clothing washed with synthetic detergents, using *Lepidium sativum* as a test plant. During the study, 3 series of experiments were carried out. The results were statistically processed.

Scientific novelty. For the first time, the toxicity of second-hand children's clothing and stock clothing after washing with synthetic detergents has been shown in the growth test with *Lepidium sativum*, which may be associated with residual compounds of these detergents and is potentially dangerous for children's health.

Conclusions. Phytotesting has established a slight toxicity of second-hand and stock cotton clothing, which may be associated with residual compounds used to treat such clothing. The presence of water-soluble and water-insoluble residual compounds after washing such clothing with synthetic detergents ensures its toxicity (from weak to extreme), which is potentially dangerous for the health of children. Elimination of toxicity of second-hand and stock cotton clothing is achieved by washing them with laundry soap.

Key words: children's health, *Lepidium sativum*, residual compounds, second-hand clothing, stock clothing, synthetic detergents, toxicity

АНОТАЦІЯ

Одяг «секонд хенд», для обробки якого використовується формальдегід, а також стоковий одяг знаходять широкий вжиток в Україні. Токсичність такого одягу можна оцінити за фітотестуванням з використанням *Lepidium sativum* як тест-рослини. Вирішити проблему токсичності одягу пропонується шляхом прання синтетичними миючими засобами, до складу яких входять сполуки з токсичними властивостями.

Метою даної роботи було дослідження за фітотестом з крес-салатом токсичності одягу повторного використання («секонд хенд») та стокового одягу при різних варіантах прання засобами для дитячої білизни та оцінка потенційних ризиків для здоров'я дітей при використанні такого одягу.

Методологія. В ході дослідження використано метод анкетування учнів щодо використання ними одягу «секонд хенд», а також метод фітотестування токсичності одягу «секонд хенд» та стокового одягу, випраного синтетичними миючими засобами, з використанням *Lepidium sativum* як тест-рослини. В ході дослідження здійснено 3 серії експериментів. Результати оброблено статистично.

Наукова новизна. Вперше показано токсичність за ростовим тестом з *Lepidium sativum* дитячого одягу «секонд хенд» та стокового одягу після прання синтетичними миючими засобами, що може бути пов'язано з залишковими сполуками цих миючих засобів та має потенційну небезпеку для здоров'я дітей.

Висновки. Фітотестуванням встановлено незначну токсичність бавовняного одягу «секонд-хенд» та стокового одягу, що може бути пов'язане із залишковими сполуками, що використовуються для обробки такого одягу. Наявність водорозчинних та нерозчинних у воді залишкових сполук після прання такого одягу синтетичними мийними засобами забезпечує його токсичність (від слабкої до екстремальної), що потенційно небезпечно для здоров'я дітей. Усунення токсичності бавовняного одягу «секонд-хенд» та стокового одягу досягається шляхом його прання з господарським милом.

Ключові слова: залишкові сполуки, здоров'я дітей, одяг секонд-хенд, стоковий одяг, синтетичні мийні засоби, токсичність, *Lepidium sativum*

Introduction

Today, a significant part of the population (80%) uses reusable clothing, in particular, they dress in "second-hand" stores (Kratik, n.d.). In Ukraine, second-hand clothing stores ("second-hand") have gained significant importance, which is caused by both the low solvency of citizens and the lack of provision of the population with basic wardrobe items (Kuchma, 2010). 60-80% of Ukrainians buy clothes in "second-hand" stores (Bazik & Gayova, 2019). Stock stores are also popular in Ukraine, where branded remnants of clothing or shoes that were not sold in time in branded stores are sold (Dankeeva, 2016).

According to some researchers, the reuse of clothing solves a number of environmental, economic and social problems of a person and society as a whole (Filho et al., 2019). Other researchers hold the opposite opinion, noting that new problems also appear: environmental – accumulation of garbage in countries with a low level of socio-economic development, economic – decline of the textile industry; social – deterioration of human health (Kratik, n.d.; Kyrychenko, 2021). Risks to human health arise when sanitary standards for processing reusable clothing with formaldehyde are not observed (Kratik, n.d.; Mala, 2017). High doses of formaldehyde may also contain new cotton items due to the peculiarities of the technology for manufacturing cotton fabric (Herrero et al., 2022; Reitz et al., 2022). It is proposed to solve the problem of clothing toxicity by washing (Herrero et al., 2022). However, washing with synthetic detergents (SDs), which are toxic to living organisms (Nyder et al., 1964; Lal et al., 1983; Han & Jung, 2021; Tkachuk & Zelena, 2023) and may have negative effects on human health due to residual amounts on the fabric after washing (Meesters et al., 2018; Wang et al., 2019). Children are most sensitive to toxicants (Au, 2002), so special attention should be paid to the potential health risks to children when using second-hand and stock clothing after washing with synthetic detergents.

One of the easy and accessible biological methods for assessing environmental pollution, the toxicity of various compounds, and their impact on living organisms is phytotesting (Gálvez et al., 2018; Hart, 2019). In phytotesting of toxicants, a sensitive plant model is *Lepidium sativum* (Galli et al., 2019; Bożym, 2020; Tkachuk et al., 2022).

Therefore, the purpose of this work was to study the toxicity of reusable ("second-hand") and stock clothing using *L. sativum* phytotest in different washing options with children's laundry detergents and to assess the potential health risks to children when using such clothing.

Materials and methods

Student survey on the use of second-hand and off-the-shelf clothing

A student survey on the use of second-hand clothing was conducted in November 2023 for students of Chernihiv Lyceum No. 32 (Chernihiv, Ukraine). The survey was anonymous. 103 children (58 girls and 45 boys) aged 13 to 17 years participated in the survey. The questionnaire contained 7 questions, including questions with different answer options:

Question 1. How old are you?

Question 2. Your gender.

Question 3. How often do you (or do your parents for you) buy second-hand clothing?

- a) once a week
- b) once a month
- c) once a year
- d) never
- e) other

Question 4. How do you (or do your parents for you) process second-hand clothing?

- a) only by washing without additional treatments
- b) before washing, we treat with ammonia
- c) before washing, we use a vinegar solution
- d) other

Question 5. What material do you prefer?

- a) synthetics
- b) cotton
- c) wool
- d) does not matter
- e) other

Question 6. What means for washing clothes of the "second-hand" category do you (or your parents for you) use?

- a) washing powder for children's underwear
- b) washing powder not recommended for children
- c) washing powder for children's underwear with additional treatment with conditioner for children's underwear
- d) washing powder not recommended for children with additional treatment with conditioner (not for children's underwear)
- e) other

Question 7. Have you had allergic reactions to second-hand clothing?

- a) yes
- b) no
- c) other

Selection of samples of second-hand and stock clothing and their preparation for research

For the study, children's clothing made of 100% cotton (T-shirts) of white color was selected, which was purchased: April 2023 – from a well-known network of second-hand stores in Chernihiv – 3 pieces (to study the toxicity of water-insoluble components contained in the fabric not treated by washing and in the fabric after washing with children's laundry detergents – experiment I), as well as in a stock clothing store (May 2024) – 3 pieces (to study the toxicity of residual water-insoluble and water-soluble complexes of detergents when washing samples by hand (h) and using a washing machine (m) – experiment II). Samples of material 9 cm in diameter (total 18 samples – experiment I; 39 samples – experiment II) were cut from each T-shirt. In experiments I and II, 3 samples (one from different T-shirts) were not treated (options 2-I, 2-II, respectively), and the other samples were washed by hand (and by machine – in experiment II) using different detergents, dried in the fresh air and ironed. Filter paper moistened with distilled water (option 1) served as a control. Washing was carried out with the amount of detergent recommended by the manufacturer. The following washing options were used:

- option 3-I – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry (WP1); option 4-I – WP1 with subsequent treatment with a conditioner-rinse aid for children's laundry (CR) – WP1+CR; option 5-I – phosphate-free washing powder for children's laundry 1 (FWP1); option 6-I – FWP1 with subsequent treatment with CR (FWP1+CR); option 7-I – household soap, 72% (HS);

- option 3-IIh – WP1; option 4-IIh – WP1 with subsequent treatment with a conditioner for children's laundry (CL) – WP1+CL; option 5-IIh – phosphate-free washing powder 2 (FWP2); option 6-IIh – FWP2+CL; option 7-IIh – HS; option 8-IIh – phosphonate-containing washing powder 2 (WP2);

- option 3-IIm – WP2; option 4-IIm – WP1+CL; option 5-IIm – FWP1+CL.

The detergents used are widely available in the Ukrainian retail network. In order to prevent accusations of advertising or anti-advertising of laundry detergents, we do not provide their trade names. According to the manufacturers, the composition of the products is as follows:

- WP1: 5-10% anionic surfactants; oxygen bleaches; zeolites; < 5% nonionic surfactants; cationic surfactants; phosphonates; soap; polycarboxylates; additionally: enzymes, optical brighteners, perfume composition.

- FWP1: > 30% sodium chloride; 15-30% sodium carbonate; > 5% anionic surfactants; < 5% sodium silicate; sodium percarbonate; soap; tetraacetylenediamine (TAED); defoamer; fragrance.

- FWP2: > 30% sodium chloride, 15-30% sodium carbonate, 5-15% sodium silicate, < 5% TAED, fragrance.

- WP2: 5-15% anionic surfactants, oxygen bleach, < 5% nonionic surfactants, polycarboxylates, phosphonates, soap, optical brightener, enzymes, fragrance, bleach activator.

- CL: < 5% cationic surfactants, < 5% non-ionic surfactants, fragrance (hexyl cinnamal), preservative (benzisothiazolinone, methylisothiazolinone), aloe vera leaf juice.

- CR: < 5% cationic surfactants; fragrance; preservative.

- HS: sodium salts of fatty acids of tropical vegetable oils and animal fats; water; glycerin; disodium EDTA; antioxidant.

In experiments I and II, after ironing, the fabric samples were placed in homemade containers made of food-grade plastic, moistened with distilled water (5 ml) and used as a basis for germination of test plant seeds.

Aqueous solutions of synthetic detergents for phytotesting

Phytotoxicity studies of aqueous solutions of the above synthetic detergents for children's underwear (experiment III) were carried out for their aqueous solutions with a concentration of 0.1%: WP1_{0.1%}, FWP1_{0.1%}, CL_{0.1%}, CR_{0.1%}, HS_{0.1%}.

Test plant and phytotesting process

The test plant was watercress (*L. sativum*) produced in the Czech Republic (MoravoSeed), packaged by the Private Enterprise "Tyras", batch No. 69088-01, which, according to the information on the packaging, complies with DSTU 6006:2008. The number of seeds per container was 10 pieces, the repetition of control and each experiment was threefold. Seed germination took place in the dark at a temperature of 23 ± 2 °C. On the 3rd day, germination energy was determined, on the 5th day – germination and length of the aerial part and roots. Control – distilled water (option 1).

Phytotoxic indices were calculated – root length index (RLI) and phytotoxic effect of solutions (PhTE) according to the formulas given in the publications of Bagur-González et al. (2011) and Mtisi and Gwenzi (2019).

To determine phytotoxicity, the toxicity scale from the publications of Bagur-González et al. (2011) and Mtisi and Gwenzi (2019) was used.

To calculate the phytotoxic effect, we used the formula given in the publication by Tkachuk and Okulovych (2021).

Statistical analysis of experimental data

For statistical processing of the obtained data, the statistical module of the Microsoft Office Excel 2010 program was used. Descriptive statistics methods were used – calculation of the arithmetic mean (M) and the standard error of the arithmetic mean (m). The reliability of the differences between the control and the experiment was assessed using the Student's significance criterion (t). A 95% probability of differences ($p \leq 0.05$) was considered statistically significant.

Results and Discussion

Results of the student survey on the use of second-hand clothing

According to the results of the student survey on the use of second-hand clothing, we found that among the students who participated in the survey, the largest share was made up of children aged 16 (43.7 % of respondents), and the smallest – 13 years old (7.8 % of respondents). The distribution of respondents by gender was 56 % girls and 44 % boys. The surveyed students (or their parents for them) most often buy second-hand clothing once a year (35 % of respondents). The smallest number of respondents (1.9 %) buys such clothing once a week. 26.2 % of respondents have never bought second-hand clothing. The

largest number of respondents (70.9 %) uses only washing without additional processing to process second-hand clothing. However, some respondents (or their parents) treat such clothes with ammonia (1.9 % of respondents) or vinegar solution (5.8 % of respondents) before washing. Other treatment options noted by respondents included capsules (2 % of respondents) and antiseptic or soap (0.97 % of respondents). The surveyed students noted that the material of the clothes is not important to them – 71.9 % of respondents to question 5 (What material do you prefer?) answered "It doesn't matter". 23.3 % of surveyed students noted that they prefer cotton, 2.9 % – synthetic material, 1.9 % – wool. The vast majority of respondents did not know the exact answer to which synthetic detergents are used in their family to treat "second-hand" clothes (recommended for children or not; or whether fabric conditioner is used or not) – 23.3 %. Regarding the laundry detergents of the "second-hand" category used in the respondents' families, the answers "Washing powder for children's laundry", "Washing powder not recommended for children", "Washing powder for children's laundry with additional conditioner treatment for children's laundry", "Washing powder not recommended for children with additional conditioner treatment (not for children's laundry)" were chosen by approximately the same number of surveyed students – 12.6 %, 15.5 %, 19.4 %, 16.5 %, respectively. The vast majority of surveyed students did not have allergic reactions to "second-hand" clothing (82.5 % of respondents), however, 13 students (12.6 % of respondents) had allergic reactions to clothing of this category.

Thus, the vast majority of surveyed students have "second-hand" clothing without giving preference to a specific type of material, which is washed with synthetic detergents without prior treatment and does not have allergic reactions from its use.

Toxicity of second-hand clothing washed with baby laundry detergents: the complex of water-insoluble and water-soluble residual compounds of the studied SDs

The results of the study of the toxicity of the complex of water-insoluble and water-soluble residual compounds of the studied SDs from second-hand clothing washed with baby laundry detergents according to the phytotest with watercress are presented in Tables 1-2.

Table 1

Test indicators of watercress under the influence of a complex of residual water-insoluble and water-soluble components of material from second-hand clothing under different treatment options with baby laundry detergents

Experiment option	Germination energy, % relative to control	Germination, % relative to control	Length, % relative to control	
			Roots	Aboveground part
1 (Control)	100	100	100	100
2-I (without washing)	96.7 ± 3.3	96.7 ± 3.3	63.8 ± 5.6*	69.9 ± 4.9*
3-I (WP1)	93.3 ± 7.7	96.7 ± 3.3	2.4 ± 0.3*	6.4 ± 0.5*
4-I (WP1+CR)	90.0 ± 5.8	96.7 ± 3.3	2.4 ± 0.3*	6.2 ± 0.5*
5-I (FWP1)	90.0 ± 0.0*	96.7 ± 3.3	2.4 ± 0.3*	8.8 ± 0.5*
6-I (FWP1+CR)	100	100	78.1 ± 4.0*	71.4 ± 4.4*
7-I (HS)	90.0 ± 5.8	100	51.0 ± 4.1*	95.4 ± 5.7

Note: * – differences from control are significant at $p \leq 0.05$; option 3-I – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry (WP1); option 4-I – WP1 with subsequent treatment with a conditioner-rinse aid for children's laundry (CR) – WP1+CR; option 5-I – phosphate-free washing powder for children's laundry 1 (FWP1); option 6-I – FWP1 with subsequent treatment with CR (FWP1+CR); option 7-I – household soap, 72% (HS)

Table 2

Interpretation of data obtained in experiment I

Experiment option	RLI	PhTE, %	Interpretation of phytotest results	Comments
1 (Control)	Not applicable	Not applicable	No toxicity	Growth is not inhibited
2-I (without washing)	-0.36	36	Medium toxicity	Growth inhibition of more than 30%
3-I (WP1)	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%
4-I (WP1+CR)	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%
5-I (FWP1)	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%
6-I (FWP1+CR)	-0.22	22	Low toxicity	Weak growth inhibition
7-I (HS)	-0.49	49	Medium toxicity	Growth inhibition by almost 50%

Note: option 3-I – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry (WP1); option 4-I – WP1 with subsequent treatment with a conditioner-rinse aid for children's laundry (CR) – WP1+CR; option 5-I – phosphate-free washing powder for children's laundry 1 (FWP1); option 6-I – FWP1 with subsequent treatment with CR (FWP1+CR); option 7-I – household soap, 72% (HS)

It was found that in all washing options, complexes of residual water-insoluble and water-soluble compounds from second-hand fabric showed phytotoxicity, but to different degrees (Table 1). At the same time, the greatest phytotoxic properties were recorded for options 3-I (WP1), 4-I (WP1+CR) and 5-I (FWP1). For residual water-insoluble and

water-soluble compounds of the indicated products, extreme toxicity was established (Table 2). Other options showed medium or weak toxicity (Table 2).

Thus, the studied SDs in order of decreasing toxicity of their residual complexes of water-insoluble and water-soluble compounds on the "second-hand" material can be

arranged as follows: washing powder for children's laundry (phosphonate-containing) 1, washing powder for children's laundry (phosphate-free) 1 and washing powder for children's laundry (phosphonate-containing) 1 + conditioner-rinse aid for children's laundry > household soap > washing powder for children's laundry (phosphate-free) 1 + conditioner-rinse aid for children's laundry.

Toxicity of stock clothing when washing SDs

The results of the study of the toxicity of stock clothing with different washing options according to the growth test with watercress are given in Tables 3-4.

It was found that unwashed used clothing exhibits phytotoxic properties – seed germina-

tion, root length and aerial part of the test plant were significantly lower than in the control. When hand washing such clothing with phosphonate-containing powder 1 for children's underwear (variant 3-IIh), a significant decrease in the length of the roots and aerial part of the seedlings of the test plant was observed (Table 3). This can be explained by the presence of residual water-insoluble and water-soluble complexes of SDs with a negative effect on watercress. Additional treatment of the used clothing fabric with conditioner for children's underwear (CL) in variant 4-IIh led to even greater inhibition of root growth – its length was 7 times shorter than in the control (Table 3).

Table 3

Test-indicators of watercress under the influence of residual water-insoluble and water-soluble complexes from used clothing under different washing options

Experiment option	Germination energy, % relative to control	Germination, % relative to control	Length, % relative to control	
			Roots	Aboveground part
1 (Control)	100	100	100	100
2-II (without washing)	91.6 ± 5.4	90.0 ± 3.7*	68.8 ± 9.5*	61.9 ± 4.6*
3-IIh (WP1)	103.6 ± 3.5	96.7 ± 3.3	29.4 ± 4.2*	52.3 ± 6.8*
4-IIh (WP1+CL)	89.3 ± 3.5	90.0 ± 0.0*	14.0 ± 3.9*	55.1 ± 7.4*
5-IIh (FWP2)	85.8 ± 10.7	80.0 ± 10.0*	95.3 ± 10.4	109.1 ± 10.8
6-IIh (FWP2+CL)	100.0 ± 3.5	93.3 ± 3.3*	131.8 ± 8.6*	99.4 ± 9.1
7-IIh (HS)	92.9 ± 7.2	100.0 ± 0.0	105.3 ± 13.4	177.8 ± 21.6*
8-IIh (WP2)	92.9 ± 3.5	90.0 ± 0.0*	40.7 ± 8.6*	59.1 ± 8.5*
3-IIm (WP2)	89.3 ± 7.2	86.7 ± 3.3*	52.5 ± 8.3*	89.2 ± 10.2
4-IIm (WP1+CL)	85.8 ± 6.2	83.3 ± 3.3*	30.0 ± 5.9*	69.3 ± 9.1*
5-IIm (FWP1+CL)	89.3 ± 9.4	90.0 ± 5.8*	61.1 ± 9.2*	73.3 ± 8.5*

Note: * – differences from the control are significant at $p \leq 0.05$; h – hand wash; m – machine wash; option 3-IIh – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry (WP1); option 4-IIh – WP1 with subsequent treatment with a conditioner for children's laundry (CL) – WP1+CL; option 5-IIh – phosphate-free washing powder 2 (FWP2); option 6-IIh – FWP2+CL; option 7-IIh – household soap, 72% (HS); option 8-IIh – phosphonate-containing washing powder 2 (WP2)

The length of the aerial part of the seedlings in this case was on a par with variant 3-IIh. When washing the fabric of used clothing with phosphate-free powder 2 (FWP2) (variant 5-IIh), no negative effect on the length of the

roots and the above-ground part of the seedlings was observed, the difference compared to the control was statistically insignificant (Table 3). However, in this case, seed germination significantly decreased – by

1.3 times compared to the control. Therefore, residual FWP2 compounds have a different mechanism of influence on the test plant. In variant 6-IIh (FWP2+CL), a significant decrease in the germination of the seeds of the test plant and an increase in the length of the roots of the seedlings compared to the control were observed – by 1.1 times and 1.3 times, respectively. In the variant of washing the fabric of used clothing with laundry soap (variant 7-IIh), no negative effect of residual soap compounds was observed. On the contrary, a significant increase in the length of the above-ground part of the seedlings was observed – by 1.8 times compared to the control. When using another phosphonate-containing washing powder WP2 (variant 8-IIh) for hand washing, the growth of

roots and aerial parts was also inhibited compared to the control, but to a lesser extent than when using WP1 – 1.9 times and 1.1 times, respectively. According to the calculated phytotoxic indices, WP1 showed high toxicity (Table 4). This fact is alarming, since the WP1 washing powder is recommended by the manufacturer for use in washing children's underwear. When machine washing, a significant decrease in seed germination, root length and aerial part was observed for all variants of the used washing powders (except for variant 3-IIh, for which the latter indicator was on a par with the control). According to the calculated phytotoxic indices, the average and high toxicity of the used washing powders is shown (Table 4).

Table 4

Interpretation of data obtained in experiment II

Experiment option	RLI	PhTE, %	Interpretation of phytotest results	Comments
1 (Control)	Not applicable	Not applicable	No toxicity	Growth is not inhibited
2-II (without washing)	-0.31	31.2	Medium toxicity	Growth inhibition of more than 30%
3-IIh (WP1)	-0.71	70.6	High toxicity	Growth inhibition by 70%
4-IIh (WP1+CL)	-0.86	86.1	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 90%
5-IIh (FWP2)	-0.05	4.8	Low toxicity	Weak growth inhibition
6-IIh (FWP2+CL)	0.32	-31.8	No toxicity	Growth is not inhibited
7-IIh (HS)	0.05	-5.3	No toxicity	Growth is not inhibited
8-IIh (WP2)	-0.59	59.4	High toxicity	Growth inhibition by almost 60%
3-IIh (WP2)	-0.48	47.5	Medium toxicity	Growth inhibition by almost 50%
4-IIh (WP1+CL)	-0.70	70.0	High toxicity	Growth inhibition by 70%
5-IIh (FWP1+CL)	-0.39	38.9	Medium toxicity	Growth inhibition by almost 40%

Note: h – hand wash; m – machine wash; option 3-IIh – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry (WP1); option 4-IIh – WP1 with subsequent treatment with a conditioner for children's laundry (CL) – WP1+CL; option 5-IIh – phosphate-free washing powder 2 (FWP2); option 6-IIh – FWP2+CL; option 7-IIh – household soap, 72% (HS); option 8-IIh – phosphonate-containing washing powder 2 (WP2)

Therefore, the residual water-soluble and water-insoluble complexes of the studied SDs from the fabric of stock clothing both during hand washing and machine-washing show toxicity to the watercress test plant, except for phosphate-free powder 2 and laundry soap when used for hand washing.

Toxicity of aqueous solutions of SDs according to watercress test indicators

The results of the study of the toxicity of aqueous solutions of SDs for children's underwear according to the phytotest with watercress are presented in Tables 5-6.

Table 5

Toxicity of aqueous solutions of SDs according to the phytotest with watercress

Experiment option	Germination energy, % relative to control	Germination, % relative to control	Length, % relative to control	
			Roots	Aboveground part
1 (Control)	100	100	100	100
WP1 _{0.1%}	86.7 ± 3.3	96.7 ± 3.3	1.6 ± 0.1*	7.2 ± 0.7*
FWP1 _{0.1%}	90.0 ± 0.0	96.7 ± 3.3	1.7 ± 0.2*	7.0 ± 0.5*
CL _{0.1%}	92.6 ± 3.7	89.3 ± 3.5	101.6 ± 9.6	118.0 ± 8.9
CR _{0.1%}	100 ± 0.0	100 ± 0.0	90.9 ± 2.9*	85.8 ± 7.0
HS _{0.1%}	96.7 ± 3.3	96.7 ± 3.3	1.5 ± 0.1*	7.5 ± 0.2*

Note: * – differences from control are significant at $p \leq 0.05$; WP1 – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry; FWP1 – phosphate-free washing powder 1; CL – conditioner for children's laundry; CR – a conditioner-rinse aid for children's laundry; HS – household soap, 72%

Table 6

Interpretation of data from the study of the toxicity of aqueous solutions of SDs (experiment III)

Experiment option	RLI	PhTE, %	Interpretation of phytotest results	Comments
1 (Control)	Not applicable	Not applicable	No toxicity	Growth is not inhibited
WP1 _{0.1%}	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%
FWP1 _{0.1%}	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%
CL _{0.1%}	0.02	-11	No toxicity	Growth is not inhibited
CR _{0.1%}	-0.09	9	Low toxicity	Weak growth inhibition
HS _{0.1%}	-0.98	98	Extreme toxicity	Growth inhibition by almost 100%

Note: WP1 – phosphonate-containing washing powder 1 for children's laundry; FWP1 – phosphate-free washing powder 1; CL – conditioner for children's laundry; CR – a conditioner-rinse aid for children's laundry; HS – household soap, 72%

It was found that aqueous solutions of the studied SDs do not affect the germination energy and seed germination (Table 5). However, they had a suppressive effect on the length of the roots and the above-ground part of the seedlings of the test plant, except for the conditioner for children's laundry (CL_{0.1%}), the differences recorded for which, compared to the control, are statistically insignificant. An aqueous solution of another studied conditioner-rinse aid for children's laundry (CR_{0.1%}) significantly reduced the length of the roots compared to the control and showed weak toxicity, but did not affect the length of the above-ground part (Tables 5 and 6). Aqueous

solutions of phosphonate-containing powders 1 and phosphate-free 1, as well as laundry soap, showed extreme toxicity, significantly reducing the length of the roots by 64, 61 and 69 times, respectively (Tables 5 and 6).

Thus, aqueous solutions of the studied detergents for children's laundry can be arranged in the following order of decreasing toxicity: washing powder for children's laundry (phosphonate-containing 1), washing powder for children's laundry (phosphate-free 1), laundry soap > fabric softener for children's laundry (CR_{0.1%}) > fabric softener for children's laundry (CL_{0.1%}).

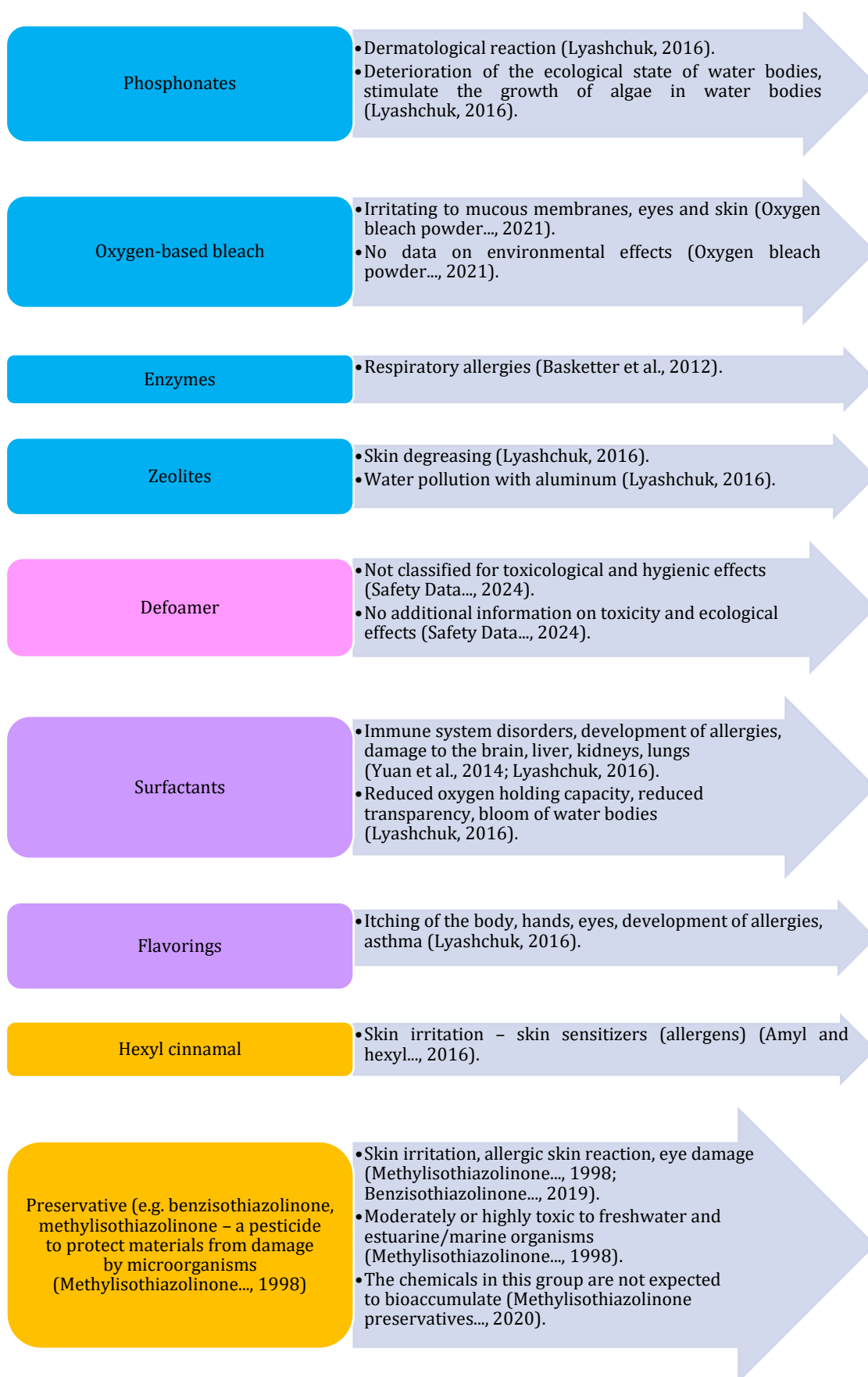


Fig. 1. Toxic components of the studied products and the risks to human health and the environment associated with them (blue color – component of the phosphonate-containing product; pink color – component of the phosphate-free product; purple color – component of both products (phosphonate-containing and phosphate-free); orange color – component of the conditioner for children's laundry)

Toxic compounds in the composition of the studied synthetic detergents and their impact on human health and the environment

A summary of the results of the theoretical analysis of the composition of the detergents used in the study and their impact on the human body and the environment is presented in the form of a diagram (Fig. 1).

Conclusions

Phytotesting has established a slight toxicity of second-hand and stock cotton clothing,

which may be associated with residual compounds used to treat such clothing. The presence of water-soluble and water-insoluble residual compounds after washing such clothing with synthetic detergents ensures its toxicity (from weak to extreme), which is potentially dangerous for the health of children. Elimination of toxicity of second-hand and stock cotton clothing is achieved by washing them with laundry soap.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

Amyl and hexyl cinnamaldehyde: Human health tier II assessment. (2016). IMAP Group Assessment Report. https://www.industrialchemicals.gov.au/sites/default/files/Amyl%20and%20hexyl%20cinnamaldehyde_Human%20health%20tier%20II%20assessment.pdf

Au, W. W. (2002). Susceptibility of children to environmental toxic substances. *International journal of hygiene and environmental health*, 205(6), 501–503. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00179>

Basketter, D., Berg, N., Kruszewski, F. H., Sarlo, K., & Concoby, B. (2012). The toxicology and immunology of detergent enzymes. *Journal of immunotoxicology*, 9(3), 320–326. <https://doi.org/10.3109/1547691X.2012.659358>

Bazik, V. V., & Gayova, Y. Yu. (2019). The Danger of Using Second-Hand Items. *Student Scientific and Practical Conference of the Cherkasy State Technical University: Conference Proceedings*. (Cherkasy, April 15–18, 2019). Cherkasy. P. 62. (in Ukrainian). <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1055/1/%D0%94%D0%A1%D0%9D-2019.pdf>

Базик В. В., Гайова Ю. Ю. Небезпека використання речей із «секонд хенд». *Студентська науково-практична конференція ЧДТУ: матеріали конф.*, м. Черкаси, 15–18 квіт. 2019 р. Черкаси, 2019. С. 62. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1055/1/%D0%94%D0%A1%D0%9D-2019.pdf> (дата звернення: 09.05.2025)

Bagur-González, M. G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., & Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 281-289. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0285-4>

Benzisothiazolinone and its salts: Human health tier II assessment. (2019). IMAP Group Assessment Report. https://www.industrialchemicals.gov.au/sites/default/files/Benzisothiazolinone%20and%20its%20salts_Human%20health%20tier%20II%20assessment.pdf

Bożym, M. (2020). Assessment of phytotoxicity of leachates from landfilled waste and dust from foundry. *Ecotoxicology*, 29(4), 429-443. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02197-1>

Dankeeva, O. M. (2016). Retail network in Ukraine: classification of types and features of development in times of crisis. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, 6(1), 78-84. (in Ukrainian). <https://tinyurl.com/pnr2eszy>

Данкеєва О. М. Роздрібна торговельна мережа в Україні: класифікація типів та особливості розвитку в умовах кризи. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2016. Т. 6, №1. С. 78-84. <https://tinyurl.com/pnr2eszy>

Filho, W., Ellams, D., Han, S., Tyler, D., Boiten, V., Paco, A., Moora, H., & Balogun, A. A review of the socio-economic advantages of textile recycling. *Journal of cleaner production*. 2019. № 218. P. 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.210>

Galli, E., Muzzini, V., Finizio, A., Fumagalli, P., Grenni, P., Caracciolo, A., Rauseo, J., & Patrolecco, L. (2019). Ecotoxicity of foaming agent conditioned soils tested on two terrestrial organisms. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(8), 1703-1710. http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol18/no8/full/8_250_Galli_18.pdf

Gálvez, A., López-Galindo, A., & Peña, A. (2018). Effect of different surfactants on germination and root elongation of two horticultural crops: implications for seed coating. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 47(2), 83-98. <https://doi.org/10.1080/01140671.2018.1538051>

Han, J. H., & Jung, S. K. (2021). Toxicity Evaluation of Household Detergents and Surfactants Using Zebrafish. *Biotechnol. Bioproc. E.*, 26, 156-164. <https://doi.org/10.1007/s12257-020-0109-3>

Hart, A. (2019). The Effect of a Surfactant Seed Coating on the Germination and Growth of Three Native Bulrushes. *Undergraduate Honors Capstone Projects*, 521. <https://digitalcommons.usu.edu/honors/521>

Herrero, M., González, N., Rovira, J., Marquès, M., Domingo, J. L., & Nadal, M. (2022). Early-life exposure to formaldehyde through clothing. *Toxics*, 10, 361. <https://doi.org/10.3390/toxics10070361>

Kratik, Y. (n.d.) The risk of using second-hand goods. <https://tinyurl.com/3zfxfw3> (in Ukrainian).

Кратік Ю. Ризик використання товарів «секонд хенд». URL: <https://tinyurl.com/3zfxfw3> (дата звернення: 09.05.2025)

Kuchma, O. O. (2010). The social role of second-hand goods in conditions of low consumer solvency. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 20.15, 209-212. (in Ukrainian). https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/209_Kucz.pdf

Кучма О.О. Соціальна роль секонд-хенду в умовах низької платоспроможності споживачів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.15. С. 209-212. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/209_Kucz.pdf (дата звернення: 09.05.2025)

Kyrychenko, O. V. (2021). Challenges of sustainable development of the textile industry. In O.V. Kalashnyk, S.E. Moroz, & I.O. Yasnolob (Eds.). *Quality and safety of products in domestic and foreign trade and commercial entrepreneurship: modern vectors of development and prospects: collective monograph* (pp. 203-220). Publishing house PP "Astraya". (in Ukrainian). <https://tinyurl.com/5n9a4rks>

Кириченко О.В. Виклики сталого розвитку текстильної промисловості. *Якість і безпечність продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі та торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи*: колективна монографія / О.В. Калашник, С.Е. Мороз, І.О. Яснолоб. Полтава: Видавництво ПП «Астроя», 2021. С. 203-220. URL: <https://tinyurl.com/5n9a4rks>

Lal, H., Misra, V., Viswanathan, P. N., & Krishna Murti, C. R. (1983). Comparative studies on ecotoxicology of synthetic detergents. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 7(6), 538-45. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(83\)90012-x](https://doi.org/10.1016/0147-6513(83)90012-x)

Lyashchuk, O. (2016). Dirty laundry and a clean environment. Composition of laundry detergents. Gels or powders? https://ecoclubrivne.org/safe_laundry/

Ляшчук О. Брудна білизна та чисте довкілля. Склад засобів для прання. Гелі чи порошки? 2016. URL: https://ecoclubrivne.org/safe_laundry/ (дата звернення: 11.05.2025)

Mala, A. V. (2017). Assessment of the environmental safety of goods in the second-hand market (using the example of the markets of Kherson). *Master's studies. Almanac*, 17(3), 200-201. (in Ukrainian). <https://tinyurl.com/kte72fbu>

Мала А. В. Оцінка екологічної безпеки товарів ринка секонд-хенд продукції (на прикладі ринків м. Херсона). *Магістерські студії. Альманах*. Вип. 17, №3. Херсон. ХДУ, 2017. С. 200-201. URL: <https://tinyurl.com/kte72fbu>

Meesters, J. A. J., Nijkamp, M. M., Schuur, A. G., & te Biesebeek, J. D. (2018). Cleaning Products Fact Sheet: Default parameters for estimating consumer exposure: Updated version 2018. Bilthoven (NL): National Institute for Public Health and the Environment. Report No.: RIVM Report 2016-0179. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK561658/>

Methylisothiazolinone preservatives and industrial biocides: Environment tier II assessment. CAS Registry Numbers: 2682-20-4, 26172-54-3, 26172-55-4, 26530-03-0. (2020). 16 p. https://www.industrialchemicals.gov.au/sites/default/files/Methylisothiazolinone%20preservatives%20and%20industrial%20biocides_%20Environment%20tier%20II%20assessment.pdf

Methylisothiazolinone. Prevention, Pesticides And Toxic Substances (7508C). EPA-738-F-98-008. (1998). United States Environmental Protection Agency. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_G-58_1-Oct-98.pdf

Mtisi, M., & Gwenzi, W. (2019). Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170, 750-762. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.047>

Nyder, F. H., Opdyke, D. L., Griffith, J. F., Rubenkoenig, H. L., Tusing, T. W., & Paynter, O. E. (1964). Toxicologic studies on household synthetic detergents. I. Systemic effects. *Ther. Ggw.*, 103, 133-40. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(64\)90097-3](https://doi.org/10.1016/0041-008x(64)90097-3)

Oxygen bleach powder. Safety Data Sheet. (2021). Version 1.2. <https://cleanplus.com.au/wp-content/uploads/2021/03/571-GHS-OXYGEN-BLEACH-POWDER.pdf>

Reitz, T. A., Reeder, M., Dang, A., & Sarmadi, M. (2022). Formaldehyde Released from Clothing: Articles and Pillowcases. *AATCC Journal of Research*, 9(4), 205–212. <https://doi.org/10.1177/24723444221103680>

Safety Data Sheet Defoamer. (2024). Evans Vanodine. https://www.evansvanodine.co.uk/assets/eng_defoamer.pdf

Tkachuk, N., & Okulovych, I. (2021). Toxicity of aqueous solutions of cosmetics in phytotest with *Lepidium sativum* L. *Agrobiodiversity for Improving, Nutrition, Health and Life Quality*, 5(2), 348–354. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0034>

Tkachuk, N., Zelena, L., & Fedun, O. (2022). Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal*, 21(6), 965-970. <https://doi.org/10.30638/eemj.2022.087>

Tkachuk, N., & Zelena, L. (2023). Toxicity of some household products according to phytotesting with *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology*, (2), 99-107 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.58407/bht.2.23.7>

Ткачук Н., Зелена Л. Токсичність деяких побутових засобів за фітотестуванням з *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology*, 2023. No2. С. 99-107. <https://doi.org/10.58407/bht.2.23.7>

Wang, M., Tan, G., Eljaszewicz, A., Meng, Y., Wawrzyniak, P., Acharya, S., Altunbulakli, C., Westermann, P., Dreher, A., Yan, L., Wang, C., Akdis, M., Zhang, L., Nadeau, K. C., & Akdis, C.A. (2019). Laundry detergents and detergent residue after rinsing directly disrupt tight junction barrier integrity in human bronchial epithelial cells. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 143(5), 1892-1903. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.11.016>

Yuan, C. L., Xu, Z. Z., Fan, M. X., Liu, H. Y., & Xie, Y. H. (2014). Study on characteristics and harm of surfactants. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 2233-2237. <https://www.jocpr.com/articles/study-on-characteristics-and-harm-of-surfactants.pdf>

Received: 11.05.2025.

Accepted: 11.06.2025.

Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Tkachuk N., Koroid M. Phytotest assessment of potential health risks to children from using second-hand and stock clothing washed with synthetic detergents. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. P. 53-65

Cite this article in APA style as:

Tkachuk, N., & Koroid, M. (2025). Phytotest assessment of potential health risks to children from using second-hand and stock clothing washed with synthetic detergents. *Biota. Human. Technology*, (2), 53-65

Information about the authors:

Tkachuk N. [in Ukrainian: **Ткачук Н.**] ¹, Cand. Sc. (Biol.), Assoc. Prof., email: natalia.smykun@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5115-7716 Scopus-Author ID: 7801574248 ResearcherID: AAB-4448-2020
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Koroid M. [in Ukrainian: **Короїд М.**] ², schoolgirl, email: maria.koroid00@gmail.com
ORCID: 0009-0004-3217-3907
Secondary School No. 9,
40 Copernicus Street, Lviv, 79000, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

² Data collection, statistical analysis.



ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF ECOSYSTEMS

**АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ
ЕКОСИСТЕМ**





Copyright (c) 2025 Alla Zhydenko, Viktoriya Papernyk

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Алла Жиденко, Вікторія Паперник**СЕЗОННИЙ МОНІТОРИНГ ВОДИ Р. ДЕСНА УПРОДОВЖ 2024 РОКУ****Alla Zhydenko, Viktoriya Papernyk****SEASONAL MONITORING OF DESNA RIVER WATER DURING 2024****АНОТАЦІЯ**

Мета роботи: проаналізувати гідрохімічні показники води р. Десна упродовж 2024 року, показати вплив окремих забруднювачів на здоров'я людини.

Методологія: Відповідно до оновлених наказів Міндовкілля від 09.01.2024 № 37 «Про затвердження Програми державного моніторингу вод», Держводагентства від 12.01.2024 № 7 «Про впровадження Порядку здійснення державного моніторингу вод», Деснянським басейновим управлінням водних ресурсів у 2024 році здійснювався діагностичний та операційний моніторинг масивів поверхневих вод суббасейнів Верхнього Дніпра та річки Десна. Результати моніторингових спостережень річки Десна були використані в якості вихідної інформації для розрахунків та складання таблиць і графіків. На основі аналізу цих даних були зроблені висновки.

Наукова новизна: Аналіз отриманих даних показав залежність між змінами концентрації заліза загального (загального заліза), мангану та розчиненими органічними речовинами (легко-окиснювальними, які визначалися показником ХСК_{Мп}). По всіх цих показниках було зафіксовано перевищення ГДК для водойм рибогосподарського призначення в усі сезони. Одночасне збільшення ХСК_{Мп} у березні, червні та серпні 2024 р. відбувалося більшою мірою завдяки присутності саме органічних речовин вуглеводної, а не білковоподібної природи, тому що зміни концентрацій нітрогену амонійного та його метаболітів були не значними в цей період.

Висновки: 1) на сезонні зміни концентрації забруднювачів води р. Десна упродовж 2024 року впливали абіотичні, антропогенні чинники та військові дії, (забруднення річки Сейм скиданням невідомих відходів з російської території); 2) концентрація сухого залишку, фосфат-іонів, нітрогену нітратного та нітритного у воді р. Десна упродовж 2024 року коливалась у межах норми; 3) концентрація нітрогену амонійного (за винятком травня) перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Його найбільша кількість спостерігалась в серпні, вересні і листопаді (як наслідок забруднення річки Сейм); 4) в усі сезони 2024 року усереднені величини ХСК_{Мп}, заліза загального (Fe²⁺ і Fe³⁺) та мангану стабільно перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення; 5) згідно екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо-сапробіологічними критеріями, вода р. Десна (по усереднених величинах БСК₅), відноситься до III та IV класу («задовільна» та «погана») в залежності від місяця 2024 р.

Ключові слова: гідрохімічні показники, поверхневі води, ГДК, забруднювачі води, здоров'я людини

ABSTRACT

Purpose of work: to analyse the hydrochemical indicators of the Desna River water during 2024, to show the impact of individual pollutants on human health.

Methodology: In accordance with the updated orders of the Ministry of Environment dated January 9, 2024 No. 37 "On Approval of the State Water Monitoring Program" and the State Water Agency dated January 12, 2024 No. 7 "On the Implementation of the Procedure for State Water Monitoring", the Desna Basin Water Resources Department carried out diagnostic and operational monitoring of surface water bodies of the Upper Dnieper and Desna River sub-basins during 2024. The results of monitoring observations of the Desna River were used as initial information for calculations and preparation of tables and graphs. Based on the analysis of these data, conclusions were made.

Scientific novelty: Analysis of the obtained data showed a relationship between changes in the concentration of total iron, manganese and dissolved organic substances (easily oxidizable, which were determined by the indicator COD_{Mn}). For all these indicators, exceeding the TLV for fishery reservoirs was recorded in all seasons. The simultaneous increase in COD_{Mn} in March, June and August 2024 was largely due to the presence of organic substances of a carbohydrate, rather than protein-like nature, since changes in the concentrations of ammonium nitrogen and its metabolites were not significant during this period.

Conclusions: 1) seasonal changes in the concentration of water pollutants in the Desna River during 2024 were influenced by abiotic, anthropogenic factors and military actions (pollution of the Seim River by the discharge of unknown waste from Russian territory); 2) the concentration of dry residue, phosphate ions, nitrate and nitrite nitrogen in the water of the Desna River during 2024 fluctuated within normal limits; 3) the concentration of ammonium nitrogen (except in May) exceeded the TLV for water bodies intended for fishery purposes. Its highest amount was observed in August, September and November (as a result of pollution of the Seim River); 4) in all seasons of 2024, the average values of COD_{Mn}, total iron (Fe²⁺ and Fe³⁺), and manganese consistently exceeded the TLV for fishery reservoirs; 5) according to the ecological classification of the quality of surface waters of land and estuaries according to trophozo-saprobiological criteria during 2024, the water of the Desna River, according to the averaged BOD₅ values, belongs to classes III and IV ("satisfactory" and "bad").

Keywords: hydrochemical indicators, surface waters, TLV, water pollutants, human health

Постановка проблеми

Міжнародні експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) встановили, що понад 60% захворювань у світі зумовлено вживанням недоброякісної води. Тому сьогодні вода розцінюється не тільки як природний ресурс, а вона також має яскраво виражену соціальну значимість. Міністерська декларація Всесвітнього Водного Форуму в Гаазі 2000 року та Резолюція Міжнародної конференції з прісної води (Бонн, грудень 2001 р.) підтверджують, що якість води визнана основним показником збалансованого розвитку суспільства, його безпеки та існування загалом (Water resources of Ukraine..., n.d.). Рациональне використання природних ресурсів, зокрема водних, гармонізація взаємин людини і природи, охорона навколишнього середовища – ці питання відносяться до найбільш актуальних проблем сьогодення, оскільки від їх вирішення залежить майбутнє всього людства. Україна належить до держав з недостатнім забезпеченням водними ресурсами, зокрема одна з найменш водозабезпечених країн Європи. Тут на душу населення припадає близько 1,0 тис. м³ місцевих водних ресурсів – це значно менше, ніж середній показник водозабезпечення населення в Європі (4,6 тис. м³). Дефіцит водних ресурсів призводить до того, що здатність водних об'єктів до відновлення якості води наближається до критичного рівня і разом з тим зменшується біологічне різноманіття водного середовища (Romanenko, 2001). Водні об'єкти України складають 24,2 тис. км², що становить 4,0% від її загальної території (603,7 тис. км²). Територія України має не дуже густу річкову мережу (середнє значення – 0,34 км/км²), тут нема великих природних водойм і небагаті запаси підземних вод. Болота, що були природним регуля-

тором водності річок, нині наполовину осушені. Отже, водні природні ресурси України – це, насамперед, місцевий та транзитний стік річок, водні запаси озер, штучних водойм і підземних горизонтів (Water resources of Ukraine..., n.d.). Значно більше водних ресурсів на півночі України, їх розподіл по території басейну Дніпра нерівномірний. Найбільш забезпеченою водними ресурсами є верхня частина басейну, де в середній за водністю рік на 1 км² площі припадає 219 тис. м³/рік води, в басейнах Десни і Прип'яті – 110–115 тис. м³/рік, а в нижній – 36 тис. м³/рік (Romanenko, 2001.). Тому значне місце займає якість води, особливо під час війни, коли постійно відбувається забруднення органічними та неорганічними речовинами поверхневих та підземних вод, які негативно впливають на здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Встановлено (Marenkov et al., 2024), що вода Запорізького (Дніпровського) водосховища поблизу о. Монастирський в 2024 року не відповідала нормативним значенням для рибогосподарських та для комунально-побутових потреб, хоча це водосховище великої річки, воно повинна самовідновлюватися і самоочищатися. Ще в у більш негативних умовах у даний час водойми, які були утворені внаслідок загачування малих річок або лісових струмків, що протікають по днищах вузьких глибоких балок, наприклад, у ставках Національного природного парку (НПП) «Голосіївський» м. Київ. Хоча, за даними Батога С.В., вони мають достатньо високу проточність (Batog, 2018). Автори (Horbatyuk, et al., 2024) констатують, що найбільш значна концентрація важких металів, нафтопродуктів, СПАР встановлена

у ставках Горіховатського каскаду, менша – у Китаївських та Дідорівських Голосіївського парку (Horbatyuk et al., 2024). Це пов'язано з наявністю джерел потрапляння зливових та комунальних стоків у водойми, результатом чого є небезпечні токсичні ефекти у гідробіонтів та негативний вплив на стан водної екосистеми та здоров'я людей. На це треба звернути увагу і не допускати потрапляння неочищених промислових та комунально-побутових стічних вод у водні об'єкти НПП «Голосіївський».

Мета роботи: проаналізувати гідрохімічні показники річки Десна упродовж 2024 року, показати вплив концентрації окремих хімічних речовин на здоров'я людини.

Методологія

Відповідно до оновлених наказів Міндовкілля від 09.01.2024 № 37 «Про затвердження Програми державного моніторингу вод», Держводагентства від 12.01.2024 № 7 «Про впровадження Порядку здійснення державного моніторингу вод», Деснянським БУВР (басейновим управлінням водних ресурсів) у 2024 році здійснювалось виконання програми державного моніторингу вод, в частині діагностичного та операційного моніторингу масивів поверхневих вод (МПВ) басейну річки Дніпро, суббасейнів Верхнього Дніпра та річки Десна. Дані цих моніторингових спостережень були використані в якості вихідної інформації за 2024 рік (SUB-BASIN..., 2024). З 2019 року в Україні запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви. Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 затверджено новий Порядок здійснення державного моніторингу вод (On approval of the Procedure..., 2018). Експериментальні показники всіх досліджуваних речовин порівнювали з ГДК (гранично-допустимої концентрації) еколого-рибогосподарських нормативів (On approval of Hygienic standards..., 2022) та ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення (On approval of Hygienic standards..., 2022). Були визначені граничні (мін/мак) та усереднені величини.

Результати дослідження

Упродовж 2024 року проводилось виконання програми державного моніторингу поверхневих вод річки Десна. На її екологічний стан впливали традиційні антропогенні чинники (рекреаційне навантаження, скиди зливових та дренажних стоків, тощо), природні (температура повітря і води, кількість опадів та інші), так і наслідки воєнних дій, зокрема масштабне забруднення річки Сейм (лівого притоку р. Десна) яке було спричинене скидом невідомих відходів (серпень) з російської території. Забруднення одразу поширилось по всій акваторії р. Сейм у межах Сумської і далі Чернігівської областей (вересень). У результаті забруднення масово загинула риба (зібрано 31 тону загиблої риби) на Сумщині та Чернігівщині. Сезонний моніторинг води р. Десна протягом 2024 року показав, що концентрація окремих хімічних показників вище норм ГДК для водойм рибогосподарського призначення та ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення. В таблиці 1 наведена динаміка гідрохімічних показників річки Десна упродовж 2024 р., першим з яких є сухий залишок (загальна маса речовин, отриманих після випарювання фільтрованої води з подальшим висушуванням осаду при температурі 105°C до постійної маси у мг/дм³) (Arsan et al., 2006). Сухий залишок визначає концентрацію загальної кількості розчинених у воді мінеральних неорганічних солей (кальцію, магнію, калію, натрію), важких металів та деяких органічних солей. Концентрація сухого залишку протягом 2024 року коливалась у межах норми, не перевищуючи жодного з видів ГДК. Максимальне значення спостерігалось у червні – 825 мг/дм³, що пояснюється збільшенням потрапляння цих солей зі скидами промислових стічних вод та площинним зливом. На високу концентрацію сухого залишку у воді р. Десна восени та на початку зими, можливо, вплинуло забруднення річки Сейм, яке було спричинене скиданням невідомих відходів з російської території.

Концентрація фосфат-іонів у воді р. Десна (від 0,10 мг Р/дм³ до 1,40 мг Р/дм³) була значно нижче норм ГДК (табл.1). Максимальна концентрація (1,48 мг Р/дм³) була визначена у вересні, можливо, з вище

вказаної причини. Крім того, згідно моніторингових спостережень, максимальні концентрації фосфору у водоймах є восени і взимку, тому що навесні та влітку фосфати поглинаються водоростями і макрофітами для росту, а восени та взимку збільшується кількість відмерлої біомаси. Джерелами надходження фосфатів у поверхневі води є також синтетичні миючі засоби в побутових стоках.

Водночас, упродовж всього 2024 року, у воді р. Десна виявлені стабільно високі значення показників біохімічного споживання кисню (БСК_5 ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$)) (кількість кисню, що витрачається за 5 діб на аеробне біохімічне окиснення нестійких органічних сполук до CO_2 , H_2O , NH_3) та хімічного споживання кисню ($\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ ($\text{мг O}/\text{дм}^3$)) – це кількість кисню, необхідна для хімічного окиснення неорганічних і органічних речовин: карбонвмісних – до CO_2 , H_2O , NH_3 ; сульфурвмісних – до сульфатів; фосфоровмісних – до фосфатів). Цей показник характеризує розчинені органічні речовини (РОР), а саме легко окиснювальні, які, на думку автора (Linnik, 2022), відіграють важливу роль у міграції та розподілі металів між абіотичними та біотичними компонентами. Навіть найменше середнє значення $\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ (листопад) перевищує ГДК еколого-рибогосподарських нормативів на 35 %, а найбільші значення $\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ у березні, червні та серпні перевищують ГДК у 2,9; 2,6 та 2,4 рази відповідно (рис. 1, табл. 1).

Тенденція щодо порівняння $\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ з нормативом ГДК для питних, господарських-побутових та інших потреб населення така сама, але цифри дещо менші: усереднені значення $\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ у березні, червні та серпні перевищують даний норматив у 2,0; 1,7 та 1,6 рази відповідно (рис. 1, табл. 1). Що стосується БСК_5 , то його зміни протягом року не такі значні (рис. 1, табл. 1), але можна відмітити найбільше значення цього показника у вересні ($5,41 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$) та липні ($7,08 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$). Останні результати співпадають з даними, які були отримані групою дослідників (Marenkov et al., 2024) у воді поблизу о. Монастирського, де в липні також спостерігається найбільша величина БСК_5 ($2,70 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$), але цей показник у 2,6 рази менше, ніж у р. Десна. Тому, згідно екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо-сапробіологічними критеріями, вода досліджуваної

ділянки поблизу о. Монастирське за значенням БСК_5 відноситься до III класу «задовільна» (Marenkov et al., 2024), а вода р. Десна (за усередненими величинами БСК_5) відноситься до III та IV класу – «задовільна» та «погана», в залежності від місяця 2024 року.

Усереднені величини нітрогену амонійного у воді р. Десна (табл. 1), протягом 2024 року були більше значення ГДК для водойм рибогосподарського призначення, зокрема концентрація цього показника була $1,93 \text{ мг}/\text{дм}^3$, $1,64 \text{ мг}/\text{дм}^3$ та $2,31 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в серпні, вересні та листопаді відповідно (внаслідок забруднення річки Сейм з російської території), але в травні показники БСК_5 були менше ГДК ($0,34 \text{ мг}/\text{дм}^3$). Порівняння цього показника з ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення показує перевищення тільки в листопаді. Відомо, що збільшення нітрогену амонійного відбувається за рахунок розкладання білків та окиснення амінокислот.

Можна припустити, що одночасне збільшення $\text{ХСК}_{\text{Мп}}$ у березні ($58,74 \text{ мг O}/\text{дм}^3$), червні ($52,28 \text{ мг O}/\text{дм}^3$) та серпні ($48,46 \text{ мг O}/\text{дм}^3$) (рис. 1) відбувається більшою мірою завдяки присутності саме органічних речовин вуглеводної, а не білковоподібної природи, тому що зміни концентрацій нітрогену амонійного та його метаболітів не відбувається у цей період. Проміжним продуктом окиснення нітрогену амонійного є нітроген нітритний, а кінцевим – нітроген нітратний. Упродовж всіх дванадцяти місяців 2024 року, їх мінімальні та усереднені величини навіть не наближалися до значень ГДК (табл. 1), тільки максимальні значення нітрогену нітритного перевищують значення ГДК для водойм рибогосподарського призначення у лютому ($0,12 \text{ мг}/\text{дм}^3$), червні ($0,12 \text{ мг}/\text{дм}^3$) та листопаді ($0,16 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

В усі сезони 2024 року усереднені величини заліза загального (Fe^{2+} і Fe^{3+}) та мангану перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення (еколого-рибогосподарські нормативи), що відповідає нашим попереднім дослідженням річок Чернігівській області (Zhydenko, & Kryvorysha, 2013; Zhydenko, & Papernyk, 2019). У період з лютого по серпень концентрації заліза загального (Fe^{2+} і Fe^{3+}) та мангану змінюються протилежно: усереднені величини заліза загального (Fe^{2+} і Fe^{3+}) збільшуються, а мангану зменшуються (рис. 2, табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка гідрохімічних показників річки Десна протягом 2024 р.

Показники	ГДК (мг/дм³)*	ГДК (мг/дм³) **	р. Десна <u>мін-мак</u> усереднено											
			Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Сухий залишок	1000		296-315	190-363,2	200-403	208,2-532	134-290	118-825	203-428	244-604	267-694	251-718	255-700	231-742
БСК ₅ , мг О ₂ /дм³	2	3	2,03- <u>7,10</u>	1,87-6,60	1,70-6,0	1,17-6,76	1,14- <u>3,90</u>	1,10-5,44	2,11-12,06	2,54-3,22	3,07-7,74	2,42-6,92	2,02-3,66	2,11-3,64
ХСК _{Мп} , мг О/дм³	20	30	18,89- <u>40,0</u>	22,0-76,74	24,0-93,48	24,0-65,14	19,3- <u>40,0</u>	28,0-76,56	18,6-55,76	18,6-78,2	30,0-63,64	20,0-68,20	14,73-36,0	19,19-52,20
Фосфат-іони, мг Р/дм³	2,15	3,5	0,27-0,38	0,10-0,48	0,20-0,30	0,23	0,36-0,44	0,36-0,80	0,34-1,40	0,34-1,40	0,24-1,48	0,53-0,96	0,53-1,18	0,42-0,88
Нітроген амонійний	0,5	2,0	<u>0,35-0,90</u> 0,63	<u>0,45-1,58</u> 1,02	<u>0,35-2,58</u> 1,47	<u>0,11-0,14</u> 0,63	<u>0,20-0,48</u> 0,34	<u>0,15-2,30</u> 1,23	<u>0,18-2,14</u> 1,16	<u>0,14-3,72</u> 1,93	<u>0,34-2,94</u> 1,64	<u>0,40-1,40</u> 0,9	<u>0,44-4,18</u> 2,31	<u>0,35-1,30</u> 0,83
Нітроген нітратний, мг N/дм³	40	45	2,16-3,78	2,15-4,16	0,91-1,78	0,5-1,37	0,50-1,25	0,56-1,26	1,08-2,50	0,5-1,10	0,50-1,34	0,50-1,65	1,52-4,76	0,27-5,82
Нітроген нітритний	0,08	3,3	0,02-0,08	0,03-0,12	0,02-0,06	0,02-0,06	0,02-0,06	0,025-0,12	0,03-0,06	0,03-0,06	0,03-0,10	0,03-0,066	0,073-0,16	0,04-0,06
Залізо загальне (Fe ²⁺ і Fe ³⁺)	0,1	0,3	0,05- <u>0,422</u>	0,28-0,58	0,20-0,44	0,10-0,20	0,16-0,36	0,06-0,16	0,02-0,21	0,05-0,22	0,05-0,22	0,12-0,66	0,10-0,40	0,18-0,40
Манган	0,01	0,1	<u>0,052-0,50</u>	0,04-0,10	0,039-0,10	0,034-0,16	0,12-0,01	0,045-0,26	0,05-0,10	0,034-0,20	0,026-0,20	0,070-0,24	0,02-0,10	0,047-0,10

Примітка: *норма гранично допустимих концентрацій (ГДК) для водойм рибогосподарського призначення (еколого-рибогосподарські нормативи) (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#>, 2021);

**ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#n13>, 2022).

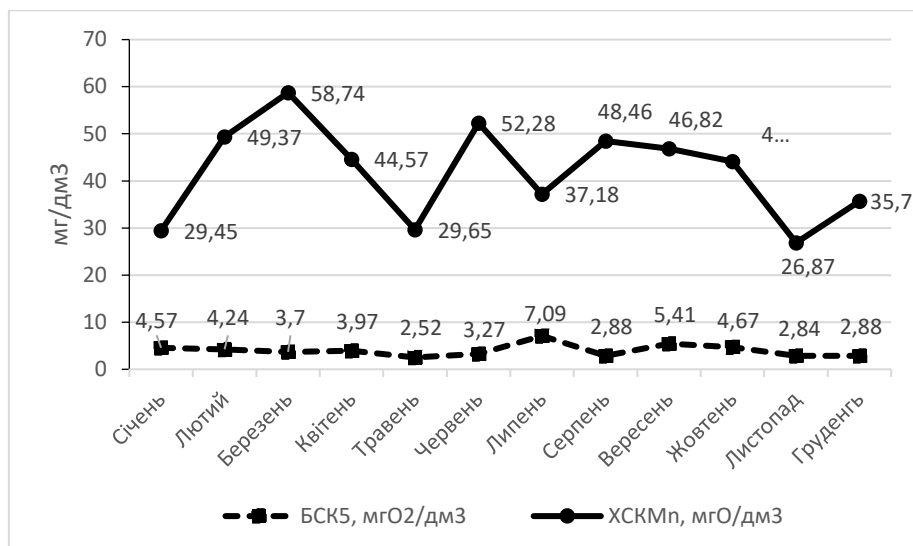


Рис. 1. Динаміка ХСКМ_n, мг О/дм³ та БСК₅, мг О₂/дм³ у воді р. Десна упродовж 2024 року

Починаючи з серпня до січня концентрації цих металів змінюються тотожно (рис. 2, табл. 1). Поясненням цього може бути вплив достатньо високих значень ХСКМ_n, (які характеризують концентрацію легко-окиснюваних РОР) та їх зміни в ці ж місяці. Вони не тільки відіграють важливу роль у міграції та розподілі металів між

абіотичними та біотичними компонентами поверхневих водойм (Linnik, 2022), а і беруть участь у трансформації сполук феруму та мангану у біодоступні або з обмеженою біодоступністю для гідробіонтів, в залежності від аеробних або анаеробних умов середовища та Eh-потенціалу (Linnik et al, 2005, Osaqdchuy et al, 2016).

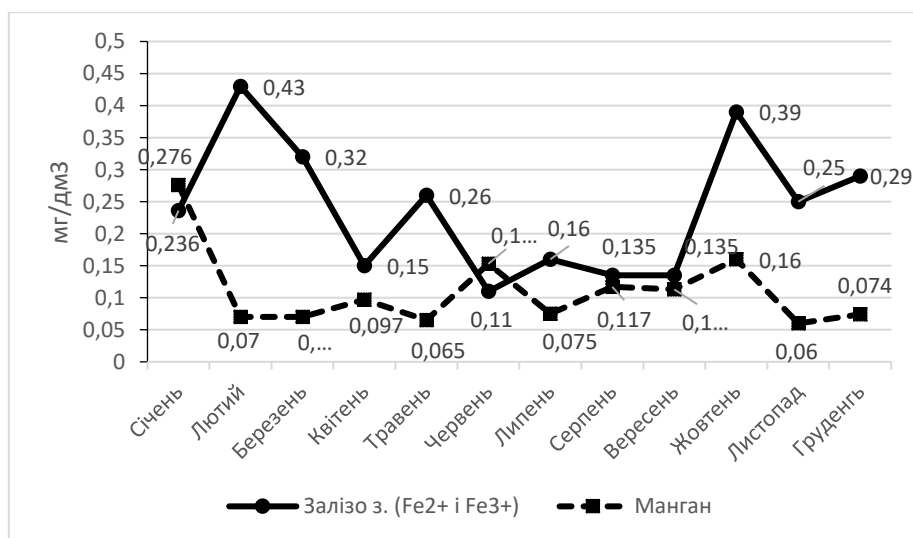


Рис. 2. Динаміка заліза загального (Fe²⁺ + Fe³⁺), мг/дм³ та мангану, мг/дм³ у воді р. Десна упродовж 2024 року

Крім того, на концентрацію заліза загального та мангану у воді р. Десна в 2024 році впливали абіотичні (хімічний склад ґрунтів, температура повітря і води) та антропогенні чинники (скиди зливових

та дренажних стоків), змінюючи їх динаміку. По відношенню до ГДК для питних, господарських-побутових та інших потреб населення, перевищення заліза загального (Fe²⁺ + Fe³⁺) та мангану спостерігалось тільки у

лютому (0,43 мг/дм³), березні (0,32 мг/дм³) та жовтні (0,39 мг/дм³) на 43 %, 7 % та 30 % відповідно.

Серед визначених та проаналізованих гідрохімічних показників р. Десна занепокоєння щодо здоров'я людини викликають концентрації мангану та заліза. Високий вміст заліза у воді призводить до несприятливого впливу на шкіру, може позначитися на морфологічному складі крові, сприяє виникненню алергічних реакцій. Присутність мангану в питній воді вище норм ГДК додає їй металевий присмак (The influence of the chemical composition..., 2022). Токсична доза мангану для людини становить 40 мг на день. Хронічне отруєння манганом більшою мірою впливає на нервову систему людини та проходить три стадії. Основними симптомами першої стадії є апатія, сонливість, втрата апетиту, головні болі та запаморочення, втрата координації рухів, болі в спині та судоми. У другій стадії проявляються специфічні ознаки отруєння: хворі починають говорити монотонно, часто переходять на шепіт, можлива поява заїкання, тому що підвищується тонус лицьових м'язів. Крім того, жести хворого уповільнені та незграбні, при ходьбі він сильно розмахує руками, у нього спостерігається сповільнення реакції на дію подразника та можлива короточасна втрата пам'яті. Вплив високих концентрацій мангану, що надходить з питною водою, викликає синдром, який отримав назву «індукований марганцем паркінсонізм» через його симптоматичну схожість з хворобою Паркінсона (Andrusyshyn, 2018).

У воді р. Десни з лютого по жовтень 2024 року було вперше зафіксовано наявність свинцю (20 мкг/дм³), що перевищує ГДК; а у травні та серпні – кадмію (8,0 мкг/дм³ і 2,0 мкг/дм³), що в 17 та в 4 разів більше ГДК для задоволення питних, господарських-побутових та інших потреб населення. Крім того, у р. Сейм (притока р. Десни) у липні концентрація кадмію була 15,4 мкг/дм³, що в 34 рази перевищує ГДК. У період з вересня по листопад зафіксовано перевищення концентрації ГДК за нікелем у воді р. Десна та у її притоках (вересень та жовтень – р. Удай в 2,7 та в 2,3 рази відповідно; жовтень – р. Снов в 5,5 раз, р. Білоус в 4,3 рази, р. Стрижень в 4,2 рази, р. Остер в 2,4 рази). Збільшення концентрації цих металів також має негативний вплив на здоров'я людини.

Висновки

Таким чином, узагальнюючи наведені результати, можна зазначити наступне: 1) на сезонні зміни концентрації забруднювачів води річки Десна упродовж 2024 року впливали: абіотичні (температура повітря і води, кількість опадів, хімічний склад ґрунтів та інші), антропогенні чинники (рекреаційне навантаження, скиди зливових та дренажних стоків, тощо) та військові дії, (забруднення річки Сейм скиданням невідомих відходів з російської території); 2) упродовж 2024 року концентрація сухого залишку коливалась у межах норми, не перевищуючи жодного з видів ГДК. Максимальне значення спостерігалось у червні (825 мг/дм³); 3) концентрація фосфат-іонів, нітрогену нітратного і нітритного у воді р. Десна протягом 2024 року також відповідала нормі; 4) концентрація нітрогену амонійного (за винятком травня) перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення протягом всього року. Його найбільша кількість спостерігалась в серпні, вересні і листопаді (як наслідок забруднення річки Сейм); 5) стабільне перевищення в усі сезони усередненого значення ХСК_{Мп} по відношенню до ГДК для водойм рибогосподарського призначення, зокрема, одночасне збільшення ХСК_{Мп} у березні (58,74 мг О/дм³), червні (52,28 мг О/дм³) та серпні (48,46 мг О/дм³) відбувалося більшою мірою завдяки присутності саме органічних речовин вуглеводної, а не білковоподібної природи, тому що зміни концентрацій нітрогену амонійного та його метаболітів були не значними в цей період; 6) згідно екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо-сапробіологічними критеріями, вода р. Десна (за усередненими величинами БСК₅) відноситься до III та IV класу («задовільна» та «погана») в залежності від місяця 2024 р.; 7) усереднені величини заліза загального (Fe²⁺ і Fe³⁺) та мангану в усі сезони 2024 року постійно перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення (еколого-рибгосподарські нормативи).

Перспективи подальших наукових досліджень пов'язані з пошуком та аналізом джерел появи у воді р. Десна кадмію, свинцю та нікелю, а також оцінка їх впливу на здоров'я людини.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

У статті використано дані з відкритих джерел: Деснянське басейнове управління водних ресурсів: СУББАСЕЙН Верхнього Дніпра та річки Десна. Державне агентство водних ресурсів України. 2024. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diialnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/monitoring-poverhnevyyh-vod/> / The article uses data from open sources: Desna Basin Water Resources Management: SUB-BASIN of the Upper Dnieper and Desna Rivers. State Agency of Water Resources of Ukraine. 2024. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diialnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/monitoring-poverhnevyyh-vod/>

Заява інституційної ревізійної ради/ Institutional Review Board Statement

Не застосовується/ Not applicable.

Заява про інформовану згоду/Informed Consent Statement

Не застосовується/ Not applicable.

Конфлікт інтересів/ Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів/ The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

Andrusyshyna, I. M., Holub, I. O., & Lampeka, O. G. (2018). *Manganese in water – a dangerous pollutant*. UVO WATERNET. https://imtuik.org.ua/wp-content/uploads/instytut/nauka/monografi/marhanets_u_vodi-nebezpechny_poliutant.pdf (in Ukrainian)

Андрусишина І. М., Голуб І. О., Лампека О. Г. Марганець у воді – небезпечний політант. Київ: УВО WATERNET. 2018. 38 с. https://imtuik.org.ua/wp-content/uploads/instytut/nauka/monografi/marhanets_u_vodi-nebezpechny_poliutant.pdf

Arsan, O. M., Davydov, O. A., Dyachenko, T. M., Yevtushenko, M. Y., Zhukynsky, V. M., Kyrpenko, N. I., Kipnis, L. S., Klenus, V. G., Konovekts, I. M., Linnyk, P. M., Lyashenko, A. V., Oliynyk, G. M., Pashkova, O. V., Protasov, O. O., Silaeva, A. A., Sytnyk, Y. M., Stoyka, Y. O., Timchenko, V. M., Shapoval, T. M. ... & Yakushyn, V. M. (2006). *Methods of hydroecological research of surface waters*. NAS of Ukraine. Institute of Hydrobiology. LOGOS (in Ukrainian)

Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.; за ред. В.Д. Романенка. НАН України. Інститут гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.

Batog, S. V. (2018). *Ecological and hydrological characteristics of water bodies in Kyiv: author's abstract of dissertation ... candidate of biological sciences*. Kyiv. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2015_2_8 (in Ukrainian)

Батор С. В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 2018. 22 с. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2015_2_8

Horbatiuk, L. O., Pasichna, O. O., Klochenko, P. D., Platonov, M. O., & Godlevska, O. O. (2024). The content of pollutants and their potential toxicity in water bodies of the National Nature Park "Holosiivskiy" (Ukraine). *Hydrobiol. Journal*, 60(6), 71–85. http://www.hydrobiolog.com.ua/2024/pdf_2024_6/gorbatyuk_5.pdf (in Ukrainian)

Горбатюк Л. О., Пасічна О. О., Клоченко П. Д., Платонов М. О., Годлевська О. О. Вміст забруднювальних речовин та їх потенційна токсичність у водоймах Національного природного парку «Голосіївський» (України). *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60, № 6. С. 71–85. http://www.hydrobiolog.com.ua/2024/pdf_2024_6/gorbatyuk_5.pdf

Linnyk, P. M. (2022). Organic substances in the water of the reservoirs of the Dnieper cascade after the regulation of the Dnieper flow. *Hydrobiol. Journal*, 58(1), 81–100. http://www.hydrobiolog.com.ua/2022/pdf_2022_1/linnik_7.pdf (in Ukrainian)

Линник П. М. Органічні речовини у воді водосховищ Дніпровського каскаду після зарегулювання стоку Дніпра. *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 1. С. 81–100. http://www.hydrobiolog.com.ua/2022/pdf_2022_1/linnik_7.pdf

Linnik, P. M., & Vasilchuk, T. A. (2005). Role of humic substances in the complexation and detoxification of heavy metals: case study of the Dnieper reservoirs. Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice. In: Perminova, I. V., Hatfield, K., Hertkorn, N. (eds) *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice*. NATO Science Series, vol 52. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3252-8_6

Marenkov, O. M., Kurchenko, V. O., Nesterenko, O. S., Yakubenko, O. O., Shmagaylo, M. O., Gamolin, A. V., Zudikov, A. O., & Angurets, O. V. (2024). Ecological assessment of water quality of the Zaporizhzhia (Dnieper) reservoir near Monastyrskiy island in war conditions. *Hydrobiol. Journal*, 60(6), 3–21. (In Ukrainian). <https://doi.org/10.31548/dopovid2021.04.004>

Маренков О. М., Курченко В. О., Нестеренко О. С., Якубенко О. О., Шмагайло М. О., Гамолін А. В., Зудіков А. О., Ангурець О. В. Екологічна оцінка якості води Запорізького (Дніпровського) водосховища поблизу о. Монастирський в умовах війни. *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60, № 6. С. 3–21. <https://doi.org/10.31548/dopovid2021.04.004>

On approval of Hygienic standards for water quality of water bodies to meet drinking, household and other needs of the population. (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#n13> (in Ukrainian)

Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення від 02.05.2022 № 721 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#n13> (дата звернення: серпень 2024)

On approval of Methodological recommendations for the development of standards for maximum permissible discharge of pollutants into water bodies with return waters. (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#> (in Ukrainian).

Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами від 05.03.2021 № 173 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#> (дата звернення: серпень 2024).

On approval of the Procedure for State Water Monitoring. (2018). Cabinet of Ministers of Ukraine. Resolution of September 19, 2018 No. 758. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Кабінет Міністрів України. Постанова від 19 вересня 2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: серпень 2024)

Osadchyy, V., Nabyvanets, B., Linnik, P., Osadcha, N., & Nabyvanets, Yu. (2016). *Processes determining surface water chemistry*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42159-9>

Romanenko, V. D. (2001). *Fundamentals of Hydroecology: Textbook*. Amulets (in Ukrainian)

Романенко В.Д. Основи гідроекології: Підручник. Київ: Обереги, 2001. 728 с.

SUB-BASIN of the Upper Dnieper and Desna Rivers. State Agency of Water Resources of Ukraine. (2024). <https://desna-buvr.gov.ua/diialnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/monitoryng-poverhnevyyh-vod/>. (in Ukrainian).

СУББАСЕЙН Верхнього Дніпра та річки Десна. Державне агентство водних ресурсів України. 2024. URL: <https://desna-buvr.gov.ua/diialnist/upravlinnya-vodnymy-resursamy/monitoryng-poverhnevyyh-vod/>. (дата звернення: лютий 2025).

The influence of the chemical composition and trace elements of drinking water on the human body. (2022). <https://cnobldses.gov.ua/vplyv-khimichnoho-skladu-ta-mikroelementiv-vody-pytnoi-na-orhanizm-liudyny/> (in Ukrainian)

Вплив хімічного складу та мікроелементів води питної на організм людини. 7 вересня 2022. Чернігівський обласний центр контролю та профілактики хвороб. Міністерства охорони здоров'я України. URL: <https://cnobldses.gov.ua/vplyv-khimichnoho-skladu-ta-mikroelementiv-vody-pytnoi-na-orhanizm-liudyny/> (дата звернення: лютий 2025)

Water resources of Ukraine (before World Water Resources Day – March 22). Thematic exhibition of the Department of Comprehensive Library Services of the Cartographic Publications Sector. (n.d.). V.I. Vernadsky National Library of Ukraine. Kyiv. <http://www.nbuv.gov.ua/node/3972> (in Ukrainian)

Водні ресурси України (до Всесвітнього дня водних ресурсів – 22 березня). Тематична виставка Відділу комплексного бібліотечного обслуговування сектору картографічних видань. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. Київ. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/node/3972> (дата звернення: серпень 2024)

Zhydenko, A. A., & Kryvopysha, V. V. (2013). Sources of pollution of the Desna River within the borders of the Chernihiv region and their influence on fish catch. *Modern problems of theoretical and practical ichthyology: materials of the VI International Ichthyological Scientific and Practical Conference*. Ternopil. Vector. 89–92. <https://epub.chnpu.edu.ua/jspui/handle/123456789/7574> (in Russian)

Жиденко А. А., Кривопиша В. В. Источники загрязнения реки Десна в границах Черниговской области и их влияние на вылов рыбы. *Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: матеріали VI Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції* (Тернопіль, 9-12 жовтня 2013 р.). за ред. Грубинко В.В. Тернопіль : Вектор, 2013. С. 89–92. <https://epub.chnpu.edu.ua/jspui/handle/123456789/7574>

Zhydenko, A. A., & Papernyk, V. V. (2019). Analysis of natural and anthropogenic changes in surface waters of Chernihiv region. *Scientific Bulletin VINSMARTECO. Collection of materials and international scientific and practical conference*, 25(2), 189-191. <https://docs.academia.vn.ua/handle/123456789/842> (in Ukrainian)

Жиденко А.А., Паперник В.В. Аналіз природних та антропогенних змін поверхневих вод Чернігівській області. *Науковий вісник VINSMARTECO. Збірник матеріалів і міжнародної науково-практичної конференції*. 16-18 травня 2019 року. Вінниця, Випуск №2 (25). С. 189-191. <https://docs.academia.vn.ua/handle/123456789/842>

Received: 11.03.2025. Accepted: 03.04.2025. Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Жиденко А., Паперник В. Сезонний моніторинг води р. Десна упродовж 2024 року. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 67-77

Cite this article in APA style as:

Zhydenko, A., & Papernyk, V. (2025). Seasonal monitoring of Desna river water during 2024. *Biota. Human. Technology*, (2), 67-77. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Zhydenko A. [in Ukrainian: Жиденко А.]¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: zaa2006@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3070-1575 Scopus-Author ID: 6602241992 Web of Science Researcher ID: AAE-9031-2019
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Паперник В. [in Ukrainian: Паперник В.]², Cand. of Biol. Sc., Assoc. Prof. email: kvv2009@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3219-9523 Scopus Author ID: 8606869100
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.

² Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.



Copyright (c) 2025 Natalia Bubliencko, Oksana Salavor, Olga Togachynska, Oksana Nychyk

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Наталія Бублієнко, Оксана Салавор, Ольга Тогачинська, Оксана Ничик
РОЗРАХУНКИ ПРИДАТНОСТІ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
ДО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ



Natalia Bubliencko, Oksana Salavor, Olga Togachynska, Oksana Nychyk
CALCULATIONS OF THE SUITABILITY OF FOOD INDUSTRY WASTEWATER
FOR BIOLOGICAL TREATMENT

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Визначення показників забрудненості стічних вод різного походження та розрахунки їх придатності до біологічного очищення певного типу.

Методологія. Дослідження проводили аналізуванням рівня забрудненості стічних вод III категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу. Визначення показників забрудненості стоків (ХСК, БСК, загальний вміст азоту, фосфору тощо) здійснювали в екологічній лабораторії кафедри екології та екоменеджменту Національного університету харчових технологій за стандартними методиками. Для здійснення процесів очищення використовували лабораторні установки: аеротенк, метантенк, газгольдер.

Наукова новизна. Дослідження розкриває особливості розрахунків щодо придатності стічних вод конкретних підприємств харчової промисловості до певного способу біологічного очищення. Використання проведених розрахунків забезпечить підбір оптимальної технології очищення стоків, яка буде економічно і екологічно виправданою. Це оптимізує і прискорить вибір способу очищення стоків.

Висновки. Досліджені початкові параметри стоків III категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу.

Розрахунки довели придатність стоків III категорії цукрового заводу до біологічного очищення в анаеробних умовах: за співвідношення БСК_{повн.} до ХСК рівним 0,76; показником ХСК, що перевищує 2000 мг О/дм³; співвідношенням БСК_{повн.} і біогенних елементів 464,7:7,12:1; оптимальним рН 7,4 та відсутністю токсичних елементів. Стоки міського молокозаводу придатні до аеробного біологічного очищення: за співвідношення БСК_{повн.} до ХСК рівним 0,81; показником ХСК, що не перевищує 2000 мг О/дм³; співвідношенням БСК_{повн.} і біогенних елементів 96,3:5,04:1; оптимальним рН 6,8 та відсутністю токсичних елементів.

Метанова ферментація стоків цукрового заводу зумовила високу ефективність очищення – 94,23 %. Кількість біогазу становила 0,923 дм³/г ХСК, вміст метану у ньому – 66 %. Аеробне біологічне очищення стоків молокозаводу забезпечило ефективність очищення – 96,88 %.

Ключові слова: харчова промисловість, стічні води, охорона довкілля, біологічне очищення

ABSTRACT

Objective. Determination of pollution indicators of wastewater of various origins and calculations of their suitability for biological treatment of a certain type.

Methodology. The research was conducted by analyzing the level of pollution of wastewater of the III category of a sugar factory and the total effluent of a city dairy. Determination of pollution indicators of wastewater (COD, BOD, total nitrogen, phosphorus, etc.) was carried out in the ecological laboratory of the Department of Ecology and Ecomanagement of the National University of Food Technologies using standard methods. Laboratory installations were used to carry out the purification processes: aeration tank, methane tank, gasholder.

Scientific novelty. The study reveals the features of calculations regarding the suitability of wastewater of specific food industry enterprises for a certain method of biological treatment. The use of the calculations will ensure the selection of the optimal wastewater treatment technology, which will be economically and environmentally justified. This will optimize and accelerate the choice of the method of wastewater treatment.

Conclusions. The initial parameters of the III category wastewater of the sugar factory and the total wastewater of the city dairy were studied.

Calculations proved the suitability of the III category wastewater of the sugar factory for biological treatment under anaerobic conditions: with a ratio of BOD_{total} to COD equal to 0,76; with a COD indicator exceeding 2000 mg O/dm³; with a ratio of BOD_{total} to biogenic elements 464,7:7,12:1; with an optimal pH of 7,4 and the absence of toxic elements. The wastewater of the city dairy is suitable for aerobic biological treatment: with a ratio of BOD_{total} to COD equal to 0,81; with a COD indicator not exceeding 2000 mg O/dm³; with a ratio of BOD_{total} to biogenic elements 96,3:5,04:1; optimal pH 6,8 and the absence of toxic elements.

Methane fermentation of sugar factory wastewater resulted in high purification efficiency – 94,23 %. The amount of biogas was 0,923 dm³/g COD, the methane content in it – 66 %. Aerobic biological purification of dairy wastewater ensured purification efficiency – 96,88 %.

Key words: food industry, wastewater, environmental protection, biological purification

Постановка проблеми

Харчова промисловість включає понад 40 підгалузей, серед яких цукрова, хлібопекарська, молочна, м'ясна, олійно-жирова, виноробна тощо. На 1 січня 2022 року в Україні діяли понад 5000 харчових підприємств. Через російсько-українську війну кількість заводів скоротилась, але харчова промисловість залишається важливим елементом економіки України (Khomiuk & Soltys, 2023).

Харчова промисловість виробляє продукти, необхідні для нормального існування кожної людини. Водночас вона є джерелом забруднення навколишнього середовища. На харчових заводах утворюються відходи, стічні води різного походження та ступеню забрудненості, викиди в атмосферне повітря.

Будь-яке харчове підприємство споживає воду різної якості (як компонент кінцевого продукту, для транспортування сировини та проміжних продуктів, для миття сировини, для підтримання необхідних санітарно-гігієнічних вимог в приміщеннях заводу тощо).

Промислові підприємства мають різні потреби у воді. Наприклад, на цукрових заводах використовують 200 м³ води на 1 тону цукру. Для молокопереробної галузі норми витрат води залежать від виду кінцевого продукту і коливаються від 5 до 25 м³/тону продукту (Bubliencko, 2021; Golovko et al., 2021).

Через це на всіх харчових заводах утворюються стічні води. Їх витрати, кількісні та якісні показники поллютантів залежать від характеристик кінцевого продукту, технології виробництва, місцевих умов тощо.

Так, концентровані стічні води III категорії цукрових заводів мають ХСК (хімічне споживання кисню) від 4000 до

7500 мг О/дм³ (Bubliencko, 2021). Стічні води міських молокозаводів мають ХСК 1200 – 1800 мг О/дм³, підприємств із виготовлення сиру – до 3000 мг О/дм³ (Joshiba et al., 2019; Kaur, 2021).

Існують різні підходи до очищення стічних вод харчової промисловості. Використовують механічне очищення для вилучення завислих компонентів. Фізико-хімічні способи (коагуляція, електрокоагуляція, флотація, електрофлотація, евапорація тощо) застосовують для вилучення зі стічної води завислих, емульгованих часточок (Valente et al., 2020; Danchenko et al., 2022; Patel et al., 2022; Faraj et al., 2024).

Такі способи не завжди забезпечують повне вилучення забруднень зі стоків. Їх застосування супроводжується утворенням відходів, які важко утилізувати.

Перспективним та екологічно доцільним є використання біологічного очищення. Воно передбачає застосування організмів: бактерій, грибів, найпростіших, коловороток, мікроводоростей та інших. Сукупність таких організмів називають активним мулом (Kaur, 2021; Stasinakis et al., 2021; Rodriguez-Sanchez et al., 2024; Motasem et al., 2024). Таке очищення може відбуватись в аеробних або анаеробних умовах.

Актуальним є визначення придатності стічних вод конкретного підприємства до певного способу біологічного очищення. Вони мають забезпечувати повне очищення стічних вод, бути економічно і екологічно виправданими. Це оптимізує і прискорить вибір способу очищення стоків.

Мета роботи – визначення показників забрудненості стічних вод та розрахунки придатності стічних вод різного походження до біологічного очищення певного типу.

Завданням роботи є дослідження показників забрудненості стічних вод підприємств цукрової та молокопереробної промисловості, визначення придатності стоків до біоочищення залежно від величини показників ХСК, БСК_{повн.} (біологічне споживання кисню), вмісту основних біогенних елементів (азот, фосфор), показника рН, наявності чи відсутності токсичних речовин, здійснення процесів біологічного очищення та аналіз отриманих кінцевих показників.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження були стічні води III категорії цукрового заводу (Вінницька область) та загальний стік міського молокозаводу (Полтавська область). Дослідження показників забрудненості стоків (ХСК, БСК_{повн.}, загальний вміст азоту, фосфору тощо) здійснювали в екологічній лабораторії кафедри екології та екоменеджменту НУХТ.

Для визначення показників забрудненості стоків використовували стандартні методики (Semenova, 2024): окиснюваність води визначали біхроматним методом, розчинний кисень – йодометричним методом Вінклера, вміст біогенних елементів визначали колориметричними методами, вміст метану в біогазі – прискореним методом (пропусканням біогазу через розчин натрію гідроксиду), показник рН вимірювали за допомогою рН-метра AZ-86021.

Для здійснення процесів очищення використовували лабораторні установки: аеротенк (корисний об'єм 4 дм³), анаеробний біореактор (метантенк, корисний об'єм 3 дм³), газгольдер.

Вихід біогазу у перерахунку на вміст початкових забруднень визначали співвідношенням кількості біогазу (дм³) на кількість початкових забруднень у стоках за ХСК (г). Вихід біогазу у перерахунку на кількість зброджених речовин визначали співвідношенням кількості біогазу (дм³) на різницю між початковими і кінцевими забрудненнями у стоках за ХСК (г).

Результати дослідження

Наукові співробітники кафедри екології та екоменеджменту НУХТ спеціалізуються на дослідженнях ефективних способів очищення стічних вод. Дослідники надають найбільшу увагу стічним водам харчової

промисловості. У даному дослідженні об'єктами були концентровані стічні води цукрового заводу (III категорія) та стічні води міського молокозаводу (загальний стік).

Нами визначені основні показники забрудненості стоків із використанням стандартних методик (Semenova, 2024). Були проаналізовані такі показники: хімічне споживання кисню (ХСК), біологічне споживання кисню (БСК), вміст азоту, вміст фосфору, показник рН середовища тощо.

Результати лабораторних досліджень цих стічних вод наведені у табл. 1.

Для вибору ефективного і оптимального способу очищення стічних вод потрібно здійснити деякі розрахунки. Спершу визначають, чи достатньо у стічних водах органічних речовин для здійснення біологічного очищення. Таке очищення відбувається під впливом живих організмів активного мулу. Вони повинні мати достатній вміст органічної складової у стоках. Для цього рахують співвідношення показника БСК_{повн.} стічних вод до показника ХСК. Відомо, що БСК_{повн.} характеризує вміст органічних речовин у стоках, а ХСК – вміст усіх забруднюючих речовин у стоках.

Для стічних вод III категорії цукрового заводу цей показник буде дорівнювати 0,76. Для загального стоку молокозаводу це співвідношення буде рівне 0,81 (таблиця 2). Таким чином, обидва типи стічних вод мають значний вміст органічної компоненти. Тому стічні води придатні до біологічного очищення.

Далі визначаємось, який спосіб біологічного очищення є оптимальним. Якщо стоки є низькоконцентрованими (ХСК не перевищує близько 2000 мг О/дм³), то раціонально використовувати аеробне біологічне очищення. Якщо стоки є дуже забрудненими, то доцільним є використання анаеробного біологічного очищення (метанове бродіння). Чим вища концентрація політантів у таких стоках, тим більше утворюється біогазу в процесі очищення. Біогаз є цінним альтернативним видом палива, який можна продавати, що суттєво покращить економічну складову пропонуваної технології. Тому використання анаеробного біологічного очищення для концентрованих стоків є ще і економічно вигідним.

Таблиця 1

**Показники забрудненості стічних вод
деяких підприємств харчової промисловості**

Тип підприємства, категорія стічних вод	ХСК, мг О/дм ³	БСК _{повн.} , мг О ₂ /дм ³	Вміст азоту, мг/дм ³	Вміст фосфору, мг/дм ³	рН
Цукровий завод, III категорія	5200	3950	60,5	8,5	7,4
Міський молокозавод, загальний стік	1600	1300	68	13,5	6,8

Таблиця 2

Розрахунки придатності стічних вод до біологічного очищення

Тип заводу, вид стічних вод	БСК _{повн.} / ХСК, частки одиниці	ХСК, мг О/дм ³	БСК _{повн.} :N:P	рН	Токсичні сполуки у стоках	Спосіб очищення стоків
Цукровий завод, III категорія	0,76	5200	464,7:7,12:1	7,4	–	Біологічне очищення в анаеробних умовах
Міський молочний завод, загальний стік	0,81	1600	96,3:5,04:1	6,8	–	Біологічне очищення в аеробних умовах

Стічні води цукрового заводу мають ХСК 5200 мг О/дм³, тому раціональним є використання анаеробного біологічного очищення. Стічні води міського молокозаводу мають ХСК 1600 мг О/дм³, тому раціональним є використання аеробного біологічного очищення.

Важливим також є наявність у стоках достатньої кількості біогенних елементів (перш за все, азоту і фосфору) для нормального функціонування організмів активного мулу.

Оскільки в аеробному активному мулі містяться різні групи організмів (бактерії, найпростіші, коловертки тощо), оптимальне співвідношення між показником БСК_{повн.} стоків та вмістом біогенних речовин повинно бути 100:5:1.

Організми анаеробного активного мулу представлені лише різними групами бактерій. Такий мул може функціонувати і при суттєво меншому вмісті біогенних компонентів. Зазвичай оптимальне спів-

відношення між показником БСК_{повн.} стоків та вмістом біогенних речовин повинно бути наближене до (300...500):7:1.

Проведені розрахунки показали співвідношення між показником БСК_{повн.} і біогенними елементами у стічних водах цукрового заводу: 464,7:7,12:1. Це є оптимальним співвідношенням.

Для стічних вод міського молокозаводу співвідношення також є наближеним до оптимального: 96,3:5,04:1.

Показники рН стічних вод III категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу близькі до нейтрального. Це є оптимальним для аеробного і анаеробного активного мулу.

Також важливим є відсутність у стічних водах токсичних елементів. Вони пригнічують життєдіяльність організмів активного мулу. Це позначається на ефективності очищення. Досліджувані стічні води утворюються на підприємствах харчової промисловості, де є суворий контроль сировини і

готової продукції на наявність токсикантів. Відповідно стічні води, які утворюються на різних етапах технологічного процесу не містять таких сполук.

На основі проведених розрахунків здійснили біологічне очищення стічних вод цукрового заводу у лабораторному метантенку, корисним об'ємом 3 дм³. Був використаний мезофільний режим метанової ферментації (температура 35±1 °C), режим – періодичний. Анаеробний активний мул використаний із Юзефо-Миколаївського біогазового комплексу, розташованого у Вінницькій області.

Тривалість метанової ферментація становила 3 доби. Значення ХСК стоків знизилось від 5200 до 300 мг О/дм³, що відповідає ефективності очищення – 94,23 %. Вихід біогазу у перерахунку на вміст початкових забруднень – 0,923 дм³/г ХСК; на кількість зброджених речовин – 0,979 дм³/г ХСК_{збр.}. Біогаз містив значну кількість горючого компонента – газу метану (66 %), через що він є високоякісним альтернативним біопаливом.

Для загального стоку молокозаводів використали аеробне біологічне очищення в лабораторному аеротенку, корисним об'ємом 4 дм³. Температура процесу 18±1 °C, концентрація аеробного активного мулу – 2 г/дм³. Тривалість процесу 24 год. Значення ХСК стоків знизилось від 1600 до 50 мг О/дм³, що відповідає ефективності очищення – 96,88 %.

Висновки

На харчових підприємствах утворюються стічні води з різними кількісними і

якісними характеристиками. Для вибору оптимального способу їх очищення важливим є визначення показників забрудненості та проведення розрахунків щодо придатності до певного способу біологічного очищення. Такі способи повинні привести до ефективного очищення стічних вод.

Проведені нами дослідження та розрахунки довели придатність стоків III категорії цукрового заводу (Вінницька область) до біологічного очищення в анаеробних умовах: за співвідношення БСК_{повн.} до ХСК рівним 0,76; показником ХСК, що перевищує 2000 мг О/дм³; співвідношенням БСК_{повн.} і біогенних елементів 464,7:7,12:1; оптимальним рН 7,4 та відсутністю токсичних елементів. Стоки міського молокозаводу (Полтавська область) придатні до біологічного очищення в аеробних умовах: за співвідношення БСК_{повн.} до ХСК рівним 0,81; показником ХСК, що не перевищує 2000 мг О/дм³; співвідношенням БСК_{повн.} і біогенних елементів 96,3:5,04:1; оптимальним рН 6,8 та відсутністю токсичних елементів.

На основі проведених розрахунків здійснили біологічне очищення стічних вод цукрового заводу в анаеробних біологічних умовах, що забезпечило ефективність очищення 94,23 %, значний вихід біогазу із високим вмістом горючого газу метану (66 %). Також проведене аеробне біологічне очищення загального стоку молокозаводу з ефективністю очищення – 96,88 %. Отримані експериментальні дані підтвердили проведені розрахунки придатності стоків до певного виду біологічного очищення.

Фінансування/Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This study did not receive external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Автори не використовували генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання статті / The authors did not use generative artificial intelligence and artificial intelligence-based technologies in the process of writing the article.

References

- Bublienko, N. (2021). Methane Fermentation of concentrated wastewater from sugar refineries. *Food Industry*, 29, 94–101. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/36764> (in Ukrainian)
Бублієнко Н. О. Метанова ферментація концентрованих стічних вод цукрозаводів. *Харчова промисловість*. 2021. № 29. С. 94–101. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/36764>
- Danchenko, Yu. M., Makarov, E.O., Andronov, V.A., & Mirus, O.L. (2022). Improving the efficiency of electrocoagulation treatment of dairy wastewater by adding alkali. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 25, 19–27. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/2317/2210> (in Ukrainian)
Данченко Ю.М., Макаров Є.О., Андронов В.А., Мірус О.Л. Підвищення ефективності електрокоагуляційної очистки стічних вод молокозаводів шляхом додавання луку. *Вісник ЛДУБЖД*. 2022. № 25. С. 19–27. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/2317/2210>
- Faraj, H., Jamrah, A., Al-Omari, S., & Al-Zghoul, Th. M. (2024). Optimization of an electrocoagulation-assisted adsorption treatment system for dairy wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100574. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100574>
- Golovko, M. P., Vlasenko, I. G., Golovko, T. M., & Semko, T. V. (2021). *Technology of milk and dairy products with elements of HACCP: educational manual*. Kharkiv. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/33891/1/NP_Tekhnolohiya%20moloka_NASSR_21.pdf (in Ukrainian)
Головко М. П., Власенко І.Г., Головко Т. М., Семко Т. В. Технологія молока та молочних продуктів з елементам HACCP: навчальний посібник. Харків: Світ Книг, 2021. 304 с. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/33891/1/NP_Tekhnolohiya%20moloka_NASSR_21.pdf
- Joshiba, G. J., Kumar, S. P., Femina, C. C., Jayashree, E., Racchana, R., & Sivanesan, S. (2019). Critical review on biological treatment strategies of dairy wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 160, 94–109. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24194>
- Kaur, N. (2021). Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100640. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100640>
- Khomiuk, N., & Soltys, O. (2023). Food industry in Ukraine: trends and prospects for development on the basis of sustainability and inclusiveness. *Sustainable Development of Economy*, 1(46), 141–148. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-46-20> (in Ukrainian)
Хоміук Н., Солтис О. Харчова промисловість в Україні: тенденції та перспективи розвитку на засадах сталості та інклюзивності. *Сталий розвиток економіки*. 2023. № 1(46). С. 141–148. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-46-20>
- Motasem, Y. D. Al., Tharaa, M. Al., Salem, S. A. Am., & Madhusudhan, B. R. (2024). Microalgae cultivation for dairy wastewater treatment: insight from recent research and bibliometric analysis. *Results in Engineering*, 24, 103052. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103052>
- Patel, R. K., Shankar, R., Khare, P., & Mondal, Pr. (2022). Treatment of sugar processing industry wastewater using copper electrode by electrocoagulation: performance and economic study. *J. of the Indian Chemical Society*, 99, 100563. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100563>

Rodriguez-Sanchez, A., Gil-Pulido, B., Leonard, P., Finnegan, W., Zhan, X., Dobson, A. D. W., & O'Leary, N. (2024). Treatment of dairy wastewater using intermittent-aeration sequencing batch reactor at pilot-scale. *Bioresource Technology Reports*, 26, 101864. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101864>

Semenova, O. (2024). *Environmental technologies and equipment: Laboratory Workshop*. Kyiv. <https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=412829> (in Ukrainian)

Семенова, О. Природоохоронні технології та обладнання: лабораторний практикум. Київ: НУХТ, 2024. 29. <https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=412829>

Stasinakis, A. S., Charalambous, P., & Vyrides, I. (2022). Dairy wastewater management in EU: produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges. *J. of Environmental Management*, 303, 114152. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114152>

Valente, G. de Fr. S., Mendonça, R. C. S., & Félix, L. B. (2020). Electrocoagulation using zinc electrodes for dairy industry wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, 206, 58–65. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26294>

Received: 03.04.2025.

Accepted: 12.05.2025.

Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Бублієнко Н., Салавор О., Тогачинська О., Ничик О. Розрахунки придатності стічних вод харчової промисловості до біологічного очищення. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 78-84

Cite this article in APA style as:

Bubliencko, N., Salavor, O., Togachynska, O., & Nychyk, O. (2025). Calculations of the suitability of food industry wastewater for biological treatment. *Biota. Human. Technology*, (2), 78-84. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Bubliencko N. [in Ukrainian: **Бублієнко Н.**] ¹, Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: 3110nb@gmail.com.
ORCID: 0000-0003-0299-4646 Scopus-AuthorID: 55683913900
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Salavor O. [in Ukrainian: **Салавор О.**] ², Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: oksanasalavor7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5784-3127 Scopus-Author ID: 57219904957
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Togachynska O. [in Ukrainian: **Тогачинська О.**] ³, Assoc. Prof., Ph.D. in Agricul. Sc., email: tytytn29@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6672-6539
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Nychyk O. [in Ukrainian: **Ничик О.**] ⁴, Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: oksananychuk0710@gmail.com.
ORCID: 0000-0002-4679-8607 Scopus-AuthorID: 57219905601
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

¹ Study design.

² Data collection.

³ Manuscript preparation.

⁴ Statistical analysis.

UDC 628.112.3(477.51)

DOI: 10.58407/bht.2.25.6



Alina Rudenko

Copyright (c) 2025 Andrij Kotelchuk, Olena Bondar, Olesya Savchenro, Iryna Kurmakova, Leonid Kotelchuk, Olena Rybalochko,

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Андрій Котельчук, Олена Бондар, Олеся Савченко, Ірина Курмакова,
Леонід Котельчук, Олена Рибалочко, Аліна Руденко**

**ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД
КІПТІВСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ
(ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**



**Andrij Kotelchuk, Olena Bondar, Olesya Savchenko, Iryna Kurmakova, Leonid Kotelchuk,
Olena Rybalochko, Alina Rudenko**

**THE QUALITY OF GROUNDWATER
OF KIPTIVSKA RURAL TERRITORIAL COMMUNITY
(CHERNIHIV REGION)**

АНОТАЦІЯ

Досліджено зразки водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівської області. Зразки води для дослідження відібрані в 8-х контрольних точках (глибина водозаборів 26...36 метрів). Визначено органолептичні (запах, смак, присмак), фізико-хімічні (рН, загальна мінералізація, загальна твердість, загальна лужність, загальне залізо, вміст йонів NH_4^+ , NO_3^- , Mn^{2+}) та мікробіологічні (загальне мікробне число, загальні колі форми, *E. coli*) показники зразків води, відібраних у грудні 2024 р. Одержані результати порівняні з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Мета статті – оцінити якість води водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області для вирішення проблеми забезпечення населення якісною питною водою.

Методологія. Загальноприйнятими методами визначали органолептичні (запах, смак, присмак), фізико-хімічні (рН, загальна мінералізація, загальна твердість, загальна лужність, загальне залізо, вміст йонів NH_4^+ , NO_3^- , Mn^{2+}) та мікробіологічні (загальне мікробне число, загальні колі форми, *E. coli*) показники зразків води з водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області.

Наукова новизна полягає в проведенні аналізу водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області.

Висновки: Водневий показник (рН), мінералізація та загальна твердість підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району перебувають у межах нормативних значень. Зафіксовано перевищення концентрації загального заліза у 1,7-3,8 разів та йонів Мангану – у 2,4–16,4 рази відносно гранично допустимих концентрацій, визначених державними санітарними нормами. Важливим є впровадження заходів із знезалізнення води та очищення від йонів Mn^{2+} , зокрема шляхом встановлення фільтраційних систем у приватних домогосподарствах. Для підвищення якості питного водопостачання в довгостроковій перспективі рекомендується організувати водозбір із глибших водоносних горизонтів, які є менш вразливими до поверхневого та техногенного забруднення.

Ключові слова: водозбір, підземна вода, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники

ABSTRACT

The paper examines groundwater samples from the Kiptivska rural territorial community in the Chernihiv region. Water samples for the study were collected from eight control points at depths ranging from 26 to 36 meters. The analysis assessed various parameters, including organoleptic characteristics (smell, taste, aftertaste), physicochemical properties (pH, total mineralization, total hardness, total alkalinity, total iron content and concentrations of NH_4^+ , NO_3^- , Mn^{2+} ions), as well as microbiological indicators (total microbial count, total coliforms, and *E. coli*). These water samples were

collected in December 2024, and the results were compared to normative values, specifically Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption» (DSanPiN 2.2.4-171-10).

Purpose of the work: to assess the water quality of groundwater intakes of the Kiptivska rural territorial community of Chernihiv district of Chernihiv region to solve the problem of providing the population with quality drinking water.

Methodology. The organoleptic (smell, taste, aftertaste), physicochemical (pH, total mineralization, total hardness, total alkalinity, total iron content, content of NH_4^+ , NO_3^- , Mn^{2+} ions) and microbiological (total microbial count, total coliforms, *E. coli*) indicators of water samples taken from groundwater intakes of the Kiptivska rural territorial community of Chernihiv district, Chernihiv region.

Scientific novelty is analyzing the groundwater intakes of the Kiptivska rural territorial community of Chernihiv region.

Conclusions: The hydrogen index (pH), mineralization, and total hardness in the groundwater of the Kiptivska territorial community of Chernihiv district are within the normal range. The concentration of total Ferric exceeds the maximum permissible concentration by 1,7-3,8 times and of Manganese ions by 2,4–16,4 times. In order to improve the quality of drinking water supply in the long term, it is recommended to organize water intake from deeper aquifers that are less vulnerable to surface and man-made pollution.

Key words: water intake, groundwater, organoleptic indicators, physicochemical indicators, microbiological indicators

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Одна з важливих проблем будь-якої країни – забезпечення населення якісною питною водою для нормальної життєдіяльності та збереження здоров'я. Особливістю водопостачання у Чернігівській області є те, що лише 56 % населення забезпечено централізованим водопостачанням (Ukrinform, 2021), хоча це не завжди вирішує проблему якісної води (Smolskyi et al., 2025). Майже 500 населених пунктів області потребують додаткового забезпечення споживачів питною водою (Miroshnichenko, 2021). Для вирішення цієї проблеми на регіональному рівні була прийнята Обласна програма «Питна вода Чернігівської області на 2022 – 2026 роки» (About the regional program..., n. d.).

Для реалізації прийнятої програми на початковому етапі необхідно проведення дослідження підземних вод територіальних громад, в тому числі Кіптівської сільської громади, та надання науково обґрунтованих висновків щодо можливості використання води.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідженням якості питної води займаються науковці у різних країнах світу, оскільки ця проблема має відношення до здоров'я та якості життя людства (Luvhimbi et al., 2022). Адже вживання води з відхиленнями від допустимих норм органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками негативно впливає на

організм людини та може викликати ряд захворювань (Klimentiev, 2002).

Авторами (Shestopalov et al., 2024) здійснено порівняльний аналіз показників якості води України та нормативів країн світу (США, Нідерланди, Франція) в контексті проблеми екологічної безпеки. Зроблено висновок, що покращення нормативно-правової бази буде сприяти модернізації водопостачальних систем, більш раціонального використання водних ресурсів та підвищення якості забезпечення громадян питною водою. Також авторами проаналізовано фактори, які впливають на показники якості питної води на різних етапах водопідготовки, зокрема на прикладі Харківської області.

Авторами (Krysinska & Klymenko, 2021) розглянуто актуальне оцінювання підходів до визначення рівня екологічної безпеки питного водопостачання з використанням ризик-орієнтованих методів, проаналізовано українські та міжнародні методичні підходи до оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. На прикладі дослідження води м. Миколаєва показані випадки коли показники концентрації речовин у питній воді знаходяться в межах гранично допустимих концентрацій, проте виходять за межі безпечного стану внаслідок розрахунку екологічного ризику.

Авторами (Matviichuk et al., 2021) проведено дослідження якості питної води централізованого водопостачання, різних природних джерел, фасованої та води з пунктів розливу м. Житомира. За фізико-хімічними та бактеріологічними показниками визначено, що найбільш придатною

для пиття є вода із свердловини при встановленні додаткових фільтрів.

Аналіз літературних джерел показав, що одна з найбільш поширених проблем якості води – висока загальна твердість. Вода зі значною твердістю негативно впливає на шкіру, органи травлення, серцево-судинну систему. Тривале використання жорсткої води може призвести до виникнення захворювань суглобів, утворенню каменів в нирках і жовчних шляхах (Lypovetska, 2016).

Згідно (Stavytskyi et al., 2011) поверхневі води України переважно забруднені, тому для питного водопостачання слід використовувати прісні підземні води. Ресурси підземних вод України складають 61689,2 тис. м³/добу (Shestopalov et al., 2025), значна кількість яких знаходиться в Чернігівській області (8326,7 тис. м³/добу). Оптимальним для влаштування підземних водозаборів є канівсько-бучацький водоносний горизонт, який в Чернігівській області в залежності від геологічних особливостей району знаходиться на глибині 80-150 м.

Метою роботи було оцінити якість води водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області для вирішення проблеми забезпечення населення якісною питною водою.

Методологія

Дослідження зразків води з водозаборів Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області проводили у грудні 2024 р. Водозабірні свердловини розміщені на території, що представляє собою лівобережжя р. Десни та відноситься до східної частини Чернігівського Полісся. Лівобережжя р. Десни є частиною Любецько-Чернігівської рівнини, яка характеризується значним розчленуванням рельєфу. В геоструктурному відношенні територія розміщена в межах північно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини та характеризується складною геологічною будовою.

Зразки води відбирали у 8 контрольних точках (глибина 26...36 м) за адресами: №1 – Кіпті, вул. Слов'янська, 36 Б; №2 – Кіпті, вул. Шевченка, 7а; №3 – Кіпті, вул. Слов'янська, 33 Б; №4 – Кіпті, вул. Слов'янська, 51 А; №5 – Прогрес, вул. Ювілейна, 33; №6 – Прогрес, вул. Гедройця, 7; №7 – Прогрес, вул. Садова, 7; №8 – Красилівка, вул. Свято-Покровська, 61.

Дослідження зразків води проводили не пізніше, ніж 24 години після відбору проб.

Визначали органолептичні (запах, смак, присмак), фізико-хімічні (рН, загальна мінералізація, загальна твердість, загальна лужність, вміст йонів Феруму (Fe²⁺; Fe³⁺), Мангану, амонію та нітрат-йонів), мікробіологічні (загальне мікробне число, загальні колі форми, *E. coli*) показники зразків води (Malyna et al, 2014).

Органолептичні показники оцінювали згідно (Perlova & Perlova, 2019). Для характеристики інтенсивності запахів води використовували п'ятибальну шкалу: 0 – без запаху (не виявляє, але відчуває досвідчений одоратор); 1 – дуже слабкий (споживач не виявляє, але відчуває досвідчений одоратор); 2 – слабкий (споживач відчуває тільки тоді, коли привернути його увагу); 3 – помітний (споживач легко виявляє і негативно реагує); 4 – чіткий, (вода непридатна для вживання); 5 – дуже сильний (вода непридатна для вживання). Запах води оцінювали за кімнатної температури (20 °C) і за підвищеної (60 °C).

Інтенсивність запахів та присмаків питної води визначали в балах: 0 – ніякого; 1 – дуже слабкий; 2 – слабкий; 3 – помітний; 4 – виразний; 5 – дуже сильний.

Для вимірювання рівня кольоровості води використовували хромово-кобальтову шкалу, яка імітує кольоровість природної води, рівня каламутності – імітуючу каолінову шкалу (набір суспензій у дистильованій воді з вмістом білої глини від 0,1 до 0,5 мг/дм³).

рН води вимірювали з застосуванням рН-метру MW 804 (виробник «Milwaukee») (Bila et al, 2020).

Загальну мінералізацію визначали гравіметричним методом (з 50 см³ профільтрованої проби води випаровували вологу та висушували залишок протягом 3-х годин при температурі 105 °C до постійної маси).

Загальну твердість води визначали згідно з ДСТУ ISO 6059-2003 методом комплексометрії: титрант – 0,01 н розчину трилону Б; індикатор – хромоген чорний (Lalak & Poxodylo, 2009).

Загальну лужність (карбонатна твердість) визначали методом прямої ацидиметрії. Для цього аліквоти води (25 см³) титрували 0,01 н розчином хлоридної кислоти в присутності метилового оранжевого (Okhrimenko & Hafiatullina, 2011).

Вміст загального заліза визначали методом фотоколориметрії, який базується на взаємодії йонів Fe^{2+} з о-фенантроліном з утворенням червоного комплексу з максимумом світлопоглинання при 510 нм (забарвлення комплексу не залежить від pH у межах від 3 до 9 і є стійким). Відновлення Fe^{3+} до Fe^{2+} проводили за допомогою гідроксиламіну.

Вміст йонів Мангану визначали згідно ДСТУ ГОСТ 4974:2019 Вода питна. Визначення вмісту йонів Мангану фотометричним методом (ГОСТ 4974-2014, IDT).

Вміст йонів амонію визначали фотоколориметричним методом при 400 нм з використанням реактиву Неслера (Okhrimenko & Hafiatullina, 2011).

Нітрити визначали фотометричним методом з реактивом Гріса, який являє собою суміш сульфанілової кислоти і а-нафтиламіну. Для забезпечення точності результатів пробу консервували додаванням 2-4 cm^3 хлороформу на 1 dm^3 відібраної проби.

Мікробіологічні показники визначали згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 (On Approval of the State Sanitary Norms..., 2025). Для визначення коліформних бактерій засівали воду у пробірки з 5 cm^3 середовища Кесслера з лактозою та поплавками. Посіви витримували у термостаті при 37 °C на 24-48 год.

Кількість паралельних вимірювань при визначенні кожного показника становила 3. Статистичну обробку даних проводили з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel загальноприйнятими методами варіаційної статистики з викорис-

танням t-критерію Ст'юдента (Tarasova, 2008).

Результати дослідження

Якісною вважається питна вода, яка прозора, некаламутна, не забарвлена, не містить помітних на око домішок, з хорошими органолептичними ознаками та відповідними чинним нормативам фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Така вода не справляє негативного впливу на нервово-психічний стан людини і її вживання є корисним.

Органолептичні властивості води сприймаються органами чуття людини і оцінюються за інтенсивністю сприйняття. Вони зумовлені фізико-хімічними характеристиками води, зокрема наявністю певних хімічних речовин (органічних, мінеральних солей, газів).

Вода з хорошими органолептичними ознаками – це вода, що не має запаху, смаку та присмаку. Характеристика питної води Кіптівської сільської територіальної громади представлена в табл. 1.

Всі зразки мають смак та присмак інтенсивністю від 1 до 3 балів. Слід відзначити, що тільки зразки води № 3 та № 8 прозорі, решта мають каламутність різної інтенсивності.

За мікробіологічними дослідженнями було встановлено наявність у воді від 1 до 3 колоній мікроорганізмів (табл. 1). При цьому загальні колі форми та *E. coli* відсутні. Тобто згідно з чинним Держстандартом за мікробіологічними показниками воду можна вважати чистою.

Таблиця 1

Органолептичні та мікробіологічні показники якості водозаборів підземних вод у контрольних точках

№	Запах 20 °C, балів	Запах 60 °C, балів	Смак, присмак, балів	Загальне мікробне число, КУО/ cm^3	Загальні колі форми, КУО/100 cm^3	E.coli, КУО/100 cm^3
1	0	0	2	2	-	-
2	0	1	3	3	-	-
3	0	1	1	1	-	-
4	0	0	2	1	-	-
5	0	0	1	2	-	-
6	0	0	1	3	-	-
7	0	0	1	2	-	-
8	0	0	1	1	-	-
*	< 3	< 3	< 3	Не визначається	< 1	Відсутність

Примітка: * – нормативи за ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (з колодязів та каптажів джерел)

Фізико-хімічні показники досліджених зразків води представлені у табл. 2. Водневий показник (рН), мінералізація, загальна твердість знаходяться у межах норми за

ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» для колодязів та каптажів джерел.

Таблиця 2

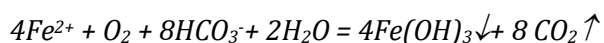
**Фізико-хімічні показники якості водозаборів підземних вод
у контрольних точках**

№	Глибина, м	Водневий показник рН	Мінералізація, мг/дм ³	Загальна лужність ммоль/дм ³	Загальна твердість ммоль/дм ³	Концентрація заліза загального, мг/дм ³
1	27	7,5	115	5,4	4,4	2,5
2	26	7,5	95	5,6	3,8	3,8
3	28	8,2	110	5,9	4,0	0,3
4	26	7,5	95	5,5	3,6	1,9
5	36	7,5	96	5,2	4,2	1,8
6	29	7,5	87	5,4	3,2	2,0
7	28	7,5	89	5,2	3,2	1,7
8	28	7,6	100	5,4	3,8	0,25
*	-	6,5-8,5	< 1500	не норм.	< 10,0	< 1,0

Примітка: * – нормативи за ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (з колодязів та каптажів джерел)

Концентрація заліза загального в підземних водах Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району перевищує гранично допустиму концентрацію в 1,7-3,8 разів, крім зразків 3 та 8. Причиною підвищеної концентрації заліза загального з переважним вмістом йонів Fe²⁺ у підземній воді може бути невисокий вміст розчиненого кисню та достатньо високий показник рН. Можливо також комплексування за участю гумінових кислот, які надають природним водам жовтуватого кольору.

За наявності достатньої кількості кисню відбувається окиснення йонів Fe²⁺ за реакцією:



Ферум(III) гідроксид має низьку розчинність і утворює у воді коричневі пластівці. Це зумовлює кольоровість і каламутність питної води. Тому практично всі зразки після водозабору через декілька годин стали каламутними.

Підвищений вміст у питній воді йонів Феруму – специфічна проблема України. Його концентрація у природній воді коливається в межах від 0,01 до 26 мг/дм³ (Honcharuk, 2003), при значенні гранично

допустимої концентрації у питній водопровідній воді – 0,2 мг/дм³, питній воді з колодязів та каптажів джерел – 1,0 мг/дм³. При вмісті загального Феруму у воді більше 0,3 мг/дм³, споживачі сприймають її як каламутну і забарвлену в жовто-коричневий колір. Якщо концентрація йонів Феруму у воді вища за 1 мг/дм³ – вода має специфічний терпкий смак. При цьому в таких концентраціях, які вже впливають на органолептичні ознаки води, йони Феруму не мають ані фізіологічної, ані токсикологічної дії.

Слід зазначити, що Ферум є життєво важливим елементом і включається у метаболізм живих організмів вже на стадії виникнення кровоносних систем. В організмі людини понад 90 % Феруму входить до складу гемоглобіну. Доросла людина з їжею одержує за добу 60...110 мг Феруму. Навіть при концентраціях у воді 5...10 мг/дм³ з водою людина може одержати не більше 30 мг Феруму. З організму Ферум видаляється головним чином через кишечник. Токсикологічні аспекти дії надлишку цього елемента на організм людини інтенсивно вивчаються, оскільки надлишок будь-якого хімічного елемента в людському організмі призводить до патологій. Питна вода з підвищеним

вмістом Феруму ($1\text{--}5\text{ мг/дм}^3$) негативно впливає на шкіру людини та репродуктивну функцію організму, призводить до зниження артеріального тиску, підвищує ризик інфаркту міокарда, виникненню захворювань селезінки й печінки. При тривалому пероральному надходженні Феруму в

організм можуть спостерігатися ознаки гастроентериту без ознак інтоксикації (Prybylova, 2015).

Для окремих контрольних точок, зокрема №3 та №7, було визначено також вміст йонів Мангану, нітрат-йонів та йонів амонію (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика хімічного складу підземної води

Показники	Контрольні точки		Норматив за ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (з колодязів та каптажів джерел)
	№ 3	№ 7	
Манган, мг/дм^3	0,12	0,82	< 0,05
Нітрати, мг/дм^3	< 0,001	< 0,001	< 50
Амоній, мг/дм^3	1,2	2,6	< 2,6

Вміст нітрат-йонів відповідає нормативу. Концентрація йонів Мангану в деяких зразках підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади перевищує гранично допустиму концентрацію в 2,4–16,4 разів. Сполуки Мангану потрапляють у воду при розчиненні осадових відкладів, що характерно для всіх регіонів України. У артезіанській воді цей елемент може знаходитися у вигляді розчинних бікарбонатів або сульфатів. Зазвичай Манган знаходиться у водах, які містять йони Феруму, оскільки мінерали цих елементів як правило залягають разом. При цьому небезпека Мангану для здоров'я значна вище, ніж Феруму. Довготривале вживання води з концентрацією понад $0,2\text{ мг/дм}^3$ загрожує зниженням інтелектуальних здібностей, появою агресивності, синдрому дефіциту уваги та ін.

Висновки

Аналіз показників якості підземних вод свідчить про те, що водневий показник, мінералізація та загальна твердість перебувають у межах нормативних значень. Водночас зафіксовано перевищення концентрації загального заліза у 1,7–3,8 разів та йонів Мангану – у 2,4–16,4 рази відносно гранично допустимих концентрацій, визначених державними санітарними нормами.

Отже, необхідним для збереження здоров'я населення Кіптівської сільської територіальної громади є впровадження заходів із знезалізнення води та очищення від йонів Мангану, зокрема шляхом встановлення фільтраційних систем у приватних домогосподарствах. Для підвищення якості питного водопостачання в довгостроковій перспективі рекомендується організувати водозабір із глибших водоносних горизонтів, які є менш вразливими до поверхневого та техногенного забруднення.

Фінансування / Funding

Дослідження проведено у рамках госптеми «Проведення прикладного наукового дослідження водозаборів підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області» (Договір №18-11/24-в від 18.11.2024) / This research was conducted within the framework of the project "Conducting an applied scientific study of groundwater intakes of the Kyptivka rural territorial community of the Chernihiv district of the Chernihiv region" (Agreement No. 18-11/24-v dated 18.11.2024).

Заява про доступність даних/ Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради/ Institutional Review Board Statement

Не застосовується/ Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується/ Not applicable.

Конфлікт інтересів/ Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів/ The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

About the regional program "Drinking water of Chernihiv region for 2022-2026" – Chernihiv regional council. New official web portal. (n. d.). Main – Chernihiv Regional Council. New official web portal. <https://chor.gov.ua/component/k2/item/11867-pro-oblasnu-prohramu-pytna-voda-chernihivskoi-oblasti-na-2022-202?tmpl=component&print=1> (in Ukrainian)

Про обласну Програму «Питна вода Чернігівської області на 2022-2026 роки» – Чернігівська обласна рада. Новий офіційний веб-портал. Головна – Чернігівська обласна рада. Новий офіційний веб-портал. URL: <https://chor.gov.ua/component/k2/item/11867-pro-oblasnu-prohramu-pytna-voda-chernihivskoi-oblasti-na-2022-202?tmpl=component&print=1> (дата звернення: 19.05.2025)

Bila, T. A., Liashenko, Ye. V., & Okhrimenko, O. V. (2021). Potentiometric method of determining the pH of surface waters. *Aquatic bioresources and aquaculture*, 1, 228-234. <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.17> (in Ukrainian)

Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Потенціометричний метод визначення рН поверхневих вод. Водні біоресурси та аквакультура. 2021. Вип. 1. С. 228-234. <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.17>

Honcharuk, Ye. H. (2003). *Public hygiene*. Health. (in Ukrainian)

Гончарук Є.Г. Комунальна гігієна. Київ: Здоров'я, 2003. 728 с.

Klimentiev, I. M., Babich, I. V., & Filonov, V. M. (2002). Nutritional enhancement of drinking water: collection. "Water and Health – 2002". *Scientific articles of the international scientific and practical conference*. OTSNTET. P. 104–108. (in Ukrainian)

Клімент'єв І. М., Бабич І. В., Філонов В. М. Питання поліпшення якості питної води. Вода та здоров'я – 2002. Збірник наук. статей міжнар. науково-практ. конф. Одеса: ОЦНТЕІ, 2002. С. 104–108.

Krysinska, D. O., & Klymenko, L. P. (2021). Experimental studies of drinking water quality and assessment of environmental safety of drinking water supply. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), 147-151. <https://doi.org/10.36930/40310124> (in Ukrainian)

Крисінська Д. О., Клименко Л. П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, Т. 31, № 1. С. 147-151 <https://doi.org/10.36930/40310124>

Lalak, N., & Pokhodylo, Ye. (2009). Analysis of methods for determining the total hardness of water. *Measuring technique and metrology*, 70, 179–180 (in Ukrainian).

Лалак Н., Походило Є. Аналіз методів визначення загальної твердості води. Вимірвальна техніка та метрологія. 2009. № 70. С. 179–180.

Luvhimbi, N., Tshitangano, T. G., Mabunda, J. T., Olaniyi, F. C., & Edokpayi, J. N. (2022). Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province. *Scientific Reports*, 12, 6059. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10092-4>

Lypovetska, O. B. (2016). *Effect of long-term consumption of non-standard by mineral composition drinking water on the formation of non-infectious morbidity of the population and development of preventive measures* [PhD Thesis], Kyiv: NAMN Ukrainy, DU "In-t hromad. zdorovia im. O.M. Marzieieva" (in Ukrainian).

Липовецька О. Б. Вплив довготривалого споживання некондиційної за мінеральним складом питної води на формування неінфекційної захворюваності населення та розробка профілактичних заходів. Автореф. дис... канд. мед. наук: Київ. 2016, 23 с.

Malyna, V. V., Liasota, V. P., & Hryshko, V. A. (2014). *Physical, chemical and biological indicators of water quality: methodological guidelines*. Bila Tserkva National Agrarian University (in Ukrainian).

Малина В. В., Лясота В. П., Гришко В. А. Фізичні, хімічні та біологічні показники якості води: метод. вказівки. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет, 2014. 48 с.

Matviichuk, N. H., Matviichuk, B. V., & Mozharivska, I. A. (2021). Physico-chemical and bacteriological indicators of the quality of drinking water from various sources. *Water resources and aquaculture*, 1, 147-159 (in Ukrainian).

Матвійчук Н. Г., Матвійчук Б. В., Можарівська І. А. Фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості питної води з різних джерел. *Водні ресурси та аквакультура*. 2021. Вип. 1. С. 147-159.

Miroshnichenko, V. (2021). Water security of the population of Ukraine: level, problems and directions of their solution. *Scientific notes of NaUKMA. Economic Sciences*, 6(1), 99-104. (in Ukrainian).

Мірошниченко В. Водозабезпеченість населення України: рівень, проблеми та напрями їх розв'язання. Наукові записки НаУКМА. Економічні науки. 2021. Том 6. Випуск 1. С. 99-104

Okhrimenko, O. V., & Hafiatullina, O. H. (2011). Assessment of the quality of drinking water by chemical parameters. *Taurian Scientific Bulletin*, 77, 211-214 (in Ukrainian).

Охріменко О.В., Гафіатулліна О.Г. Оцінка якості питної води за хімічними показниками. *Таврійський науковий вісник*. 2011. № 77. С. 211-214.

On Approval of the State Sanitary Norms and Rules "Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption" (DSanPiN 2.2.4-171-10), Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 400 (2025) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10): Наказ МОЗ України від 12.05.2010 № 400 : станом на 17 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 19.05.2025)

Perlova, O. V., & Perlova, N. O. (2019). Organoleptic indicators of water quality: methodical instructions for laboratory classes and independent work in the discipline "Chemistry of natural and waste water" for students of the Faculty of Chemistry and Pharmacy. Odesa National University named after I. I. Mechnikov. (in Ukrainian)

Перлова О.В., Перлова Н.О. Органолептичні показники якості води: методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Хімія природних і стічних вод» для студентів факультету хімії та фармації. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 42 с.

Prybylova, V. M. (2015). Assessment of the quality composition of drinking groundwater of the Cenomanian-Lower Cretaceous aquifer complex in the territory of the Kharkiv region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 43, 75-82.

Прибилова В. М. Оцінка якісного складу питних підземних вод сеноман-нижньокрейдяного водоносного комплексу на території Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2015. Вип. 43. С. 75-82.

Shestopalov, O. V., Sakun, A. O., Lizantan, P. S., Kanunnikova, N. O., Haiduchek, O. H., Tomashevskiy, R. S., & Vorobiov, B. V. (2024) Analysis of water quality indicators: current aspects and challenges. *Ecological Sciences*, 3(54), 76-82. (in Ukrainian).

Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики / О.В. Шестопалов, А.О. Сакун, П.С. Лізантан та ін. Екологічні науки. 2024. № 3(54). С.76-82.

Shestopalov, V., Lialko, V., Hudzenko, V., Drobnokhod, M., Ohniansky, M., Rudenko, Yu. ... Yakovliev, Ye. (2005). Groundwater as a strategic resource. *Bulletin of NASc of Ukraine*, 5, 32–39 (in Ukrainian).

Підземні води як стратегічний ресурс / В. Шестопалов, В. Лялько, В. Гудзенко, та ін. Вісник НАН України. 2005. Вип. 5. С. 32–39.

Smolskyi, O., Bondar, O., Kurmakova, I., Kotelchuk, A., & Kotelchuk, L. (2025). Drinking water of Chernigiv and its quality *Biota. Human. Technology*, (1), 188–196. <https://doi.org/10.58407/bht.1.25.12> (in Ukrainian)

Смольський О., Бондар О., Курмакова І., Котельчук А., Котельчук Л. Питна водопровідна вода міста Чернігів та її якість. *Biota. Human. Technology*. 2025. №1. С. 188–196. <https://doi.org/10.58407/bht.1.25.12>

Stavytskyi, E., Rudko, H., & Yakovlieva, Ye. (Eds.). (2011). Strategy for the use of potable groundwater resources for water supply (Vol. 1). Bukrek (in Ukrainian)

Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання: у 2 т. / за ред. Е.А. Ставицького, Г.І. Рудька, Є.О. Яковлева. Чернівці: Букрек, 2011. Т.1. 348 с.

Tarasova, V. V. (2008). Ecological statistics (with a block-modular form of knowledge control): a textbook. Centre of scientific literature. (in Ukrainian)

Тарасова В. В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань): навчальний підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2008. 392 с.

Ukrinform. (2021, October, 23). 95 wells will be built in Chernihiv Oblast under the “Drinking Water” program. Ukrinform – current news of Ukraine and the world. <https://www.ukrinform.ua/rubric-yakisne-zhyttia/3337623-na-cernigivsini-za-programou-pitna-voda-zbuduut-95-sverdlovin.html> (in Ukrainian).

На Чернігівщині за програмою «Питна вода» збудують 95 свердловин. Укрінформ – актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-yakisne-zhyttia/3337623-na-cernigivsini-za-programou-pitna-voda-zbuduut-95-sverdlovin.html> (дата звернення: 19.05.2025)

Received: 22.04.2025. Accepted: 18.05.2025. Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Котельчук А., Бондар О., Савченко О., Курмакова І., Котельчук Л., Рибалочко О., Руденко А. Якість підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади (Чернігівська область). *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 85-94

Cite this article in APA style as:

Kotelchuk, A., Bondar, O., Savchenko, O., Kurmakova, I., Kotelchuk, L., Rybalochko, O., & Rudenko, A. (2025). The quality of groundwater of Kiptivska rural territorial community (Chernihiv region). *Biota. Human. Technology*, (2), 85-94. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Kotelchuk A. [in Ukrainian: **Котельчук А.**] ¹, Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: kotelchuka@ukr.net
ORCID: 0009-0007-6000-6825

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Bondar O. [*in Ukrainian: Бондар О.*]², Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: bondar4elena@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9612-0546 Scopus-Author ID: 54583088800 ResearcherID: AAH-6361-2019
Department of Physics and Astronomy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Savchenko O. [*in Ukrainian: Савченко О.*]³, Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: savchenkolm68@ukr.net
ORCID: 0000-0002-0385-7232 Scopus-Author ID: 57198290773 ResearcherID: JPK-6823-2023
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Kurmakova I. [*in Ukrainian: Курмакова І.*]⁴, Sc.D. in Tech. Sc., Prof., email: i.kurmakova@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8916-6546 Scopus-Author ID: 6603630402 ResearcherID: H-2041-2019
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Kotelchuk L. [*in Ukrainian: Котельчук Л.*]⁵, Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: lkotelchuk42@gmail.com
ORCID: 0009-0001-4528-281X
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Rybalochko O. [*in Ukrainian: Рибалочко О.*]⁶, student, email: ribalockolena@gmail.com
ORCID: 0009-0008-6643-0480,
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Rudenko A. [*in Ukrainian: Руденко А.*]⁷, student, email: rudenko192606@gmail.com
ORCID: 0009-0002-7757-4304
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Funds collection, data collection.

² Manuscript preparation, data collection.

³ Data collection.

⁴ Manuscript preparation.

⁵ Statistical analysis.

⁶ Data collection.

⁷ Data collection.



FOOD TECHNOLOGIES

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ



UDC 663:613.292]:355.09

DOI: 10.58407/bht.2.25.7



Copyright (c) 2025 Sofiia Chernenko

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Софія Черненко

РОЗРОБКА ПОРОШКОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЮ З ІНГРЕДІЄНТАМИ, ЩО СПРИЯЮТЬ ПІДВИЩЕННЮ КОГНІТИВНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ



Sofiia Chernenko

DEVELOPMENT OF A POWDER MIXTURE FOR PREPARING A DRINK WITH INGREDIENTS THAT PROMOTE INCREASE COGNITIVE ENDURANCE

АНОТАЦІЯ

Метою дослідження було розробити порошкову суміш для швидкого приготування функціонального напою, збагаченого мікрокапсульованими поліфенолами та нейропідтримуючими нутрієнтами, спрямованого на підвищення когнітивної витривалості в умовах бойового стресу. Розроблений продукт орієнтований переважно на використання військовослужбовцями, однак його застосування може бути доцільним і для інших осіб, що працюють в екстремальних умовах, які негативно впливають на розумову працездатність.

Методологія: До складу суміші входили епігаллокатехін-3-галат (EGCG), L-тирозин, кофеїн, L-теанін, цитрат цинку та антоціани ягідного походження. Поліфеноли мікрокапсулювали з використанням альгінату натрію, желатину та мальтодекстрину з подальшим сублімаційним сушінням. Для зменшення гіркоти L-тирози́ну та EGCG була розроблена білково-вуглеводна матриця на основі мальтодекстрину та ізоляту сироваткового білка. Досліджували антиоксидантну активність (DPPH, FRAP), вміст поліфенольних сполук (HPLC), органолептичні властивості, розчинність та стабільність зразків протягом 30 днів зберігання.

Наукова новизна: Уперше реалізовано комплексний підхід до створення функціонального напою з когнітивною спрямованістю, що поєднує технологію мікрокапсуляції поліфенолів та білково-вуглеводне маскування гірких нутрієнтів без застосування складних систем капсулювання. Розроблено формуляцію, що забезпечує стабільність EGCG та антоціанів і високу сенсорну прийнятність.

Висновки: Розроблений напій характеризувався високою антиоксидантною активністю, доброю розчинністю, органолептичною привабливістю та стабільністю при зберіганні протягом 30 днів. Мікрокапсуляція суттєво підвищила збереження поліфенолів та покращила смакові властивості. Продукт є перспективним засобом підтримки когнітивної витривалості у складі раціону військовослужбовців, рятувальників або осіб, що діють в умовах підвищеного навантаження.

Ключові слова: когнітивна витривалість, поліфеноли, мікрокапсуляція, L-тирозин, напій швидкого приготування

ABSTRACT

The aim of this work was to develop an instant powdered beverage enriched with microencapsulated polyphenols and neuro-supportive nutrients to enhance cognitive endurance under combat-related stress. The product is intended for use by military personnel operating in extreme environments that impair mental performance.

Methodology: The beverage formulation included epigallocatechin gallate (EGCG), L-tyrosine, caffeine, L-theanine, zinc citrate, and berry-derived anthocyanins. Polyphenols were microencapsulated using sodium alginate, gelatin, and maltodextrin, followed by freeze-drying. To reduce the bitterness of L-tyrosine and EGCG, a masking matrix based on maltodextrin and whey protein isolate was developed. The samples were analyzed for antioxidant activity (DPPH, FRAP), individual polyphenol content (HPLC), sensory attributes, solubility, and physical stability during 30-day storage.

Scientific novelty: This study presents an integrated approach combining microencapsulation, matrix masking, and functional formulation tailored to cognitive needs in high-stress settings. For the first time, a freeze-dried beverage matrix was designed to stabilize both EGCG and anthocyanins while simultaneously masking L-tyrosine bitterness without advanced encapsulation systems.

Conclusions: The developed beverage demonstrated high antioxidant activity, excellent solubility, and sensory acceptability. Microencapsulation significantly improved the retention of polyphenols and organoleptic quality. The formulation proved stable for at least 30 days at room temperature. The combination of ingredients was scientifically justified and technologically feasible. The product has potential for use in military nutrition as a convenient and effective means to support cognitive performance and endurance during prolonged stress.

Key words: cognitive endurance, polyphenols, microencapsulation, L-tyrosine, instant drink

Постановка проблеми

У сучасних екстремальних умовах, зокрема бойових операціях, підтримка когнітивної витривалості є критично важливим завданням. Тривале розумове навантаження, хронічний стрес і недосипання призводять до когнітивного виснаження – стану, що супроводжується зниженням уваги, швидкості реакції та прийняття рішень (Fan & Smith, 2020). У безпеково критичних професіях, таких як військові або рятувальники, навіть короточасна втрата пильності може призвести до фатальних помилок (Lieberman et al., 2005; Martin et al., 2018). Це підкреслює потребу в науково обґрунтованій підтримці когнітивної функції в умовах стресу.

Перспективним напрямом є використання біоактивних нутрієнтів із нейропротекторними властивостями у складі функціональних продуктів. Зокрема, EGCG, L-тирозин, кофеїн, цинк і поліфеноли ягід демонструють антиоксидантну, стимулюючу та нейрозахисну дію (Fekete et al., 2023). EGCG, головний катехін зеленого чаю, знижує оксидативний стрес, послаблює нейрозапалення та покращує когнітивні функції в експериментальних моделях (Pervin et al., 2018; Islam et al., 2025).

L-тирозин – амінокислота, що бере участь у синтезі катехоламінів (дофамін, норадреналін, адреналін), ключових для уваги, адаптації до стресу та витривалості. У стресових умовах синтез нейромедіаторів може знижуватись через виснаження ендогенних запасів тирозину (Deijlen et al., 1999). Клінічні дослідження довели, що введення L-тирозину покращує увагу, робочу пам'ять та стійкість до холодового, сенсорного та інформаційного перевантаження (Gibson & Green, 2002; Mahoney et al., 2007). Пероральна форма у вигляді напою миттєвого приготування забезпечує швидке засвоєння, однак технологічно потребує маскування через гіркий смак і низьку розчинність (близько 0,45 г/100 мл при 25°C). Доцільним рішенням є використання тирозину у складі мультикомпонентної матриці разом з EGCG, кофеїном або L-теаніном.

Кофеїн є ефективним психостимулятором для протидії втомі та недосипанню, покращуючи бадьорість, реакцію й увагу. У військових протоколах він часто використовується для підтримки когнітивної працездатності в умовах дефіциту сну (McLellan et al., 2016). Однак його дія є короточасною, а

вищі дози можуть спричинити побічні ефекти. Комбінування з L-теаніном, амінокислотою з зеленого чаю, дозволяє зменшити збудливість і покращити концентрацію (Owen et al., 2008; Giles et al., 2017).

Цинк також є важливим компонентом для підтримки нейрофункцій. Він бере участь у синаптичній передачі, регуляції нейропластичності та антиоксидантного захисту. Його дефіцит корелює з когнітивними порушеннями та нейрозапаленням, тоді як адекватний рівень сприяє підтримці витривалості при тривалому стресі (Wang et al., 2021).

Поліфеноли ягід – ще один цінний нутрієнт. Антоціани чорниці, винограду, журавлини покращують пам'ять, швидкість реакції та зменшують відчуття ментальної втоми (Ahles et al., 2021; Grabska-Kobyłicka et al., 2023). Їхні механізми включають нейрозахист (шляхом пригнічення нейрозапалення та активації нейротрофічних факторів), посилення мозкового кровотоку (завдяки покращенню ендотеліальної функції) та антиоксидантну дію через нейтралізацію вільних радикалів і зниження оксидативного стресу.

Незважаючи на високу біологічну активність, поліфеноли є нестабільними та чутливими до світла, кисню й температури. Для підвищення їх стабільності, застосовується мікрокапсуляція – покриття біоактивних речовин захисною оболонкою з харчових полімерів. Цей підхід захищає сполуки під час зберігання та травлення, а також забезпечує контрольоване вивільнення (Bińkowska et al., 2024). Мікрокапсулювання EGCG і ягідних екстрактів за допомогою мальтодекстрину, камеді або пектину дозволяє зберегти до 90 % поліфенолів після сушіння та значно підвищити стабільність під час зберігання (Estevinho & Rocha, 2022).

Таким чином, синергія нутриціології та харчових технологій відкриває нові підходи до створення продуктів для когнітивної витривалості в екстремальних умовах. Метою цього дослідження є розробка порошкоподібної суміші напою миттєвого приготування на основі мікрокапсульованих поліфенолів та комплексу нейропідтримуючих нутрієнтів (EGCG, L-теанін, тирозин, кофеїн, цинк), здатного підтримувати розумову працездатність, концентрацію та адаптивність у стресових ситуаціях.

Матеріали та методи

Склад функціонального напою та технологія його одержання

У дослідженні використовували такі компоненти: епігалокатехін-3-галат (EGCG) у складі стандартизованого екстракту зеленого чаю (Biotikon, Німеччина), кофеїн (ТОВ «Вансітон», Україна), L-тирозин (NOW Foods, США), цитрат цинку (ТОВ «Орісіл-Фарм», Україна), а також сухі екстракти ягід чорниці та чорної смородини (ТОВ «Агровіт», Україна). Зазначений екстракт зеленого чаю додатково містив мінімальну кількість кофеїну (0,48 %; близько 3,36 мг на добову дозу), тому основну кількість кофеїну вводили окремо у вигляді фармацевтичної сировини для досягнення ефективної концентрації.

Для мікрокапсуляції поліфенолів використовували біополімери харчового призначення: натрієвий альгінат (ТОВ «Руна Інтер», Україна), харчовий желатин (ТОВ «Прайм-Хім», Україна) та мальтодекстрин (ТОВ «Укрфармпром», Україна). Попередньо EGCG та ягідні екстракти диспергували у дистильованій воді у співвідношенні 1:10 при температурі 45°C та емульгували з біополімерними розчинами (альгінат 1,5 %; желатин 2 %; мальтодекстрин 10 %) під час постійного перемішування протягом 30 хвилин. Отриману суміш сушили методом сублімаційного висушування у вакуумній лабораторній сушарці при температурі – 50 °C та тиску 0,1 мбар до повного видалення вологи (повторне зважування через рівні інтервали часу до досягнення сталої маси). Мікрокапсульовані порошки зберігали в герме-

тичних контейнерах у темному приміщенні при температурі 20 – 22°C до подальшого використання.

Формування порошкової суміші та підготовка до досліджень

Для покращення органолептичних властивостей L-тироzinу та зменшення його гіркоти було розроблено білково-вуглеводну матрицю. Як основу застосовували мальтодекстрин (50 %) та ізолят сироваткового білка (OstroVit, Польща). До водного розчину вносили активні компоненти: L-тирозин (500 мг/доза), кофеїн (60 мг), L-теанін (100 мг), EGCG (350 мг), сухий екстракт ягід (антоціани не менше 100 мг), а також маскувальні агенти: натуральний ароматизатор «лісові ягоди» (ТОВ «Інгредієнт», Україна) та підсолоджувач сукралоза (ТОВ «Інгредієнт», Україна) (0,01 %). Розчин витримували при температурі 45 – 50°C до повного розчинення або суспендування компонентів. Після цього суміш висушували тим самим методом сублімаційного сушіння для імітації промислових умов. Отриманий порошок зберігали в герметичних ємностях до подальшого формування порошкової суміші.

Суміш порошку формували шляхом змішування висушених активних компонентів згідно з рецептурою, наведеною в таб. 1, що забезпечує добову дозу EGCG (350 мг активної речовини при 10 % вмісті в капсулаті), L-тироzinу (500 мг), кофеїну (60 мг), L-теаніну (100 мг), цинку (10 мг) та антоціанів (100 мг).

Таблиця 1

Склад порошкової суміші для функціонального напою (на 10 г продукту)

Компонент	Вміст, мг	Вміст, %
L-тирозин	500	5,00
Кофеїн	60	0,60
L-теанін	100	1,00
Цинк (у формі цитрату)	10	0,10
Натуральний ароматизатор «Лісові ягоди»	50	0,50
Сукралоза	1	0,01
Мікрокапсульований EGCG (10 % активної реч.)	3500	35,00
Мікрокапсульовані антоціани (10 %)	1000	10,00
Мальтодекстрин (матриця)	3982	39,82
Ізолят сироваткового білка	797	7,97
Разом	10000	100,00

Компоненти попередньо просіювали та змішували у лабораторному міксері протягом 10 хвилин, після чого проводили сухе гранулювання через сито з розміром комірки

0,5 мм. Контрольний зразок виготовляли за аналогічною процедурою, однак без мікрокапсуляції активних речовин: EGCG та антоціани вводилися у чистому вигляді,

L-тирозин – без білково-вуглеводної матриці. Обидва зразки оцінювали за розчинністю (10 г на 150 мл води, 25 °C), органолептичними показниками (запах, колір, смак, післясмак), стабільністю та антиоксидантною активністю. EGCG та антоціани вводилися у мікрокапсульованій формі з орієнтовним вмістом активної речовини 10 %, що відповідає типовим показникам ефективного капсулювання поліфенолів у харчових системах (Estevinho & Rocha, 2022).

Визначення антиоксидантної активності

Антиоксидантну активність порошкової суміші визначали за радикально-залежним методом DPPH (Brand-Williams et al., 1995) та методом залізоредуктивної здатності FRAP (Benzie & Strain, 1996). Для аналізу методом DPPH 50 мкл водного екстракту зразка (10 мг/мл) змішували з 2,0 мл метанольного розчину 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразу (0,1 мМ) та витримували у темряві при температурі 25°C протягом 30 хвилин. Після інкубації вимірювали зниження оптичної щільності при довжині хвилі 517 нм за допомогою спектрофотометра UV-1800 (Shimadzu, Японія). Ступінь нейтралізації вільних радикалів обчислювали за формулою:

$$\text{Inhibition\%} = ((A_0 - A_t) \div A_0) \times 100, (1)$$

де A_0 – оптична щільність контрольного розчину (без зразка),

A_t – оптична щільність після реакції з антиоксидантом.

Результати виражали у мкмоль еквівалентів тролоксу на грам сухої речовини (мкмоль ТЕ/г СР) згідно з калібрувальною кривою для тролоксу (0–500 мкМ). Метод FRAP ґрунтувався на відновленні Fe^{3+} до Fe^{2+} у присутності 2,4,6-трипіридил-S-триазину (TPTZ) в кислому середовищі. 100 мкл екстракту змішували з 3,0 мл робочого реагенту FRAP (ацетатний буфер pH 3,6, TPTZ у HCl, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), витримували 10 хв при 37°C, після чого фіксували поглинання при 593 нм. Значення виражали в мкмоль ТЕ/г СР.

Кількісний аналіз індивідуальних поліфенольних сполук проводили методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на системі Shimadzu CTO-6A згідно з вимогами стандарту ISO 14502-2:2005 (International Organization for Standardization, 2005). Елюцію здійснювали в градієнтному режимі з використанням двох рухомих фаз: елюент А – 0,1 % розчин трифтороцтової

кислоти у воді, елюент В – ацетонітрил. Детекцію проводили при 280 нм для катехинів, 320 нм для флавонолів і 520 нм для антоціанів, відповідно до спектрофотометричних максимумів зазначених груп сполук.

Кількісне визначення здійснювали методом зовнішнього стандарту з побудовою калібрувальних кривих для EGCG (катехінова група, 280 нм), кверцетину (флавоноли, 320 нм) та ціанідину-3-глюкозиду (антоціани, 520 нм). Побудовані калібрувальні криві для EGCG, антоціанів та флавонолів наведено на рис. 1. Усі вони демонструють високу лінійність у межах робочого діапазону з коефіцієнтом детермінації R^2 від 0.9957 до 0.9980. Для кожної аналітичної точки проводили три незалежні вимірювання ($n = 3$), результати усереднювали. Стандартна похибка не перевищувала 3%.

Сенсорна та фізико-хімічна оцінка

Сенсорну оцінку порошку та приготовленого напою проводили експертною дегустаційною комісією ($n = 10$) згідно з вимогами ДСТУ ISO 8586:2019 із використанням 9-бальної шкали. Аналіз охоплював такі параметри: колір, аромат, смак, післясмак, гіркота та загальна прийнятність. Для показників «колір», «аромат», «смак», «післясмак» і «загальна прийнятність» 1 бал відповідав найнижчій оцінці (незадовільно), а 9 балів – найвищій (відмінно). Для показника «гіркота» шкалу було інтерпретовано з урахуванням інтенсивності: 1 бал означав відсутність або мінімальну гіркоту, 9 балів – надмірно виражену гіркоту. Таким чином, для гіркоти нижчі бали вважаються кращими з точки зору прийнятності.

Напій готували розчиненням 10 г порошку в 150 мл води при температурі 25 °C. Оцінювання проводили за контрольованого освітлення в нейтральних сенсорних умовах із нейтралізацією рецепторів між зразками (вода, несолоні крекери). Дані сенсорного аналізу обробляли статистично за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) з критерієм Тьюкі ($p < 0,05$).

Фізико-хімічну стабільність порошкової суміші оцінювали протягом 30 днів зберігання при температурі 25 °C у герметично закритих ємностях. Аналіз включав оцінку візуальної стабільності напою (наявність осаду, зміна кольору), зміну запаху, ступінь розчинності та однорідності суспензії. Спостереження фіксували на 7, 14 та 30 день дослідження.

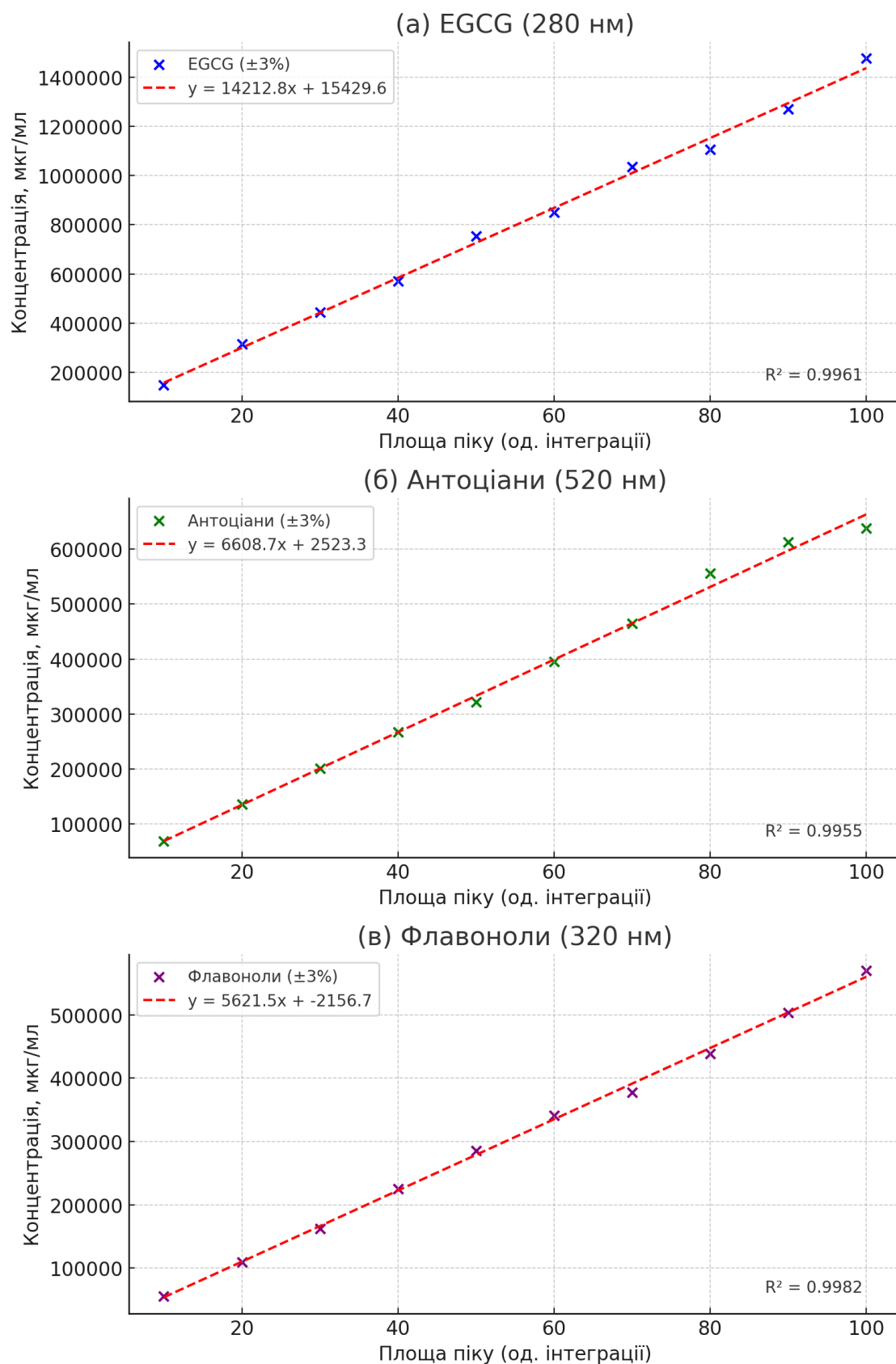


Рис. 1. Калібрувальні криві для основних поліфенольних компонентів:
 (а) EGCG (280 нм), (б) антоціани (520 нм), (в) флавоноли (320 нм).
 Показано усереднені значення ($n = 3$) з трендовими лініями та коефіцієнтами детермінації R^2 .
 Стандартна похибка кожної точки не перевищувала 3%

Усі процедури, пов'язані з участю дегустаційної комісії, проводилися відповідно до етичних норм та були схвалені Комісією з етичної оцінки досліджень Одеського національного технологічного університету (Науково-дослідний інститут, протокол № 16-20-02-25 від 20 лютого 2025 року).

Результати та обговорення

Вплив мікрокапсуляції на стабільність поліфенолів та антиоксидантну активність

Порівняльний аналіз зразків з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами показав, що мікрокапсуляція значно підвищує стабільність біоактивних речовин після сублімаційного сушіння (табл. 2). За результатами спектрофотометричного аналізу методом DPPH, інкапсульовані зразки зберігали $81,6 \pm 2,1$ % своєї початкової антиоксидантної активності, тоді як неінкапсульовані – лише $58,4 \pm 2,8$ % ($p < 0,05$). Подібна тенденція спостерігалась і при використанні методу FRAP: інкапсульовані зразки демонстрували антиоксидантну здатність на рівні $35,2 \pm 1,7$ мкмоль ТЕ/г сухої речовини, у той час як контрольні – $21,5 \pm 2,0$ мкмоль ТЕ/г. Це свідчить про ефективність біополімерної матриці на основі натрієвого альгінату, желатину та мальтодекстрину у захисті поліфенолів від окиснення та деградації.

Дані HPLC підтвердили збереження ключових поліфенольних сполук. У капсульованих зразках вміст EGCG становив $332,4 \pm 6,8$ мг/г, що відповідає приблизно 94,8 % від теоретично введеної кількості. У неінкапсульованих зразках цей показник

був нижчим – $278,3 \pm 6,9$ мг/г (тобто 79,5 % збереження), що свідчить про суттєві втрати EGCG внаслідок окиснення та нестабільності під час сушіння.

Для наочного порівняння ефективності мікрокапсуляції поліфенолів було побудовано графіки, що відображають середні значення ($\pm SD$) вмісту EGCG, антоціанів, а також антиоксидантної активності за методами DPPH та FRAP у зразках з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами (рис. 2).

Результати дослідження переконливо свідчать про переваги мікрокапсульованої форми, яка сприяє збереженню поліфенольних сполук та їх антиоксидантної активності після сублімаційного сушіння ($p < 0,05$).

Отримані дані узгоджуються з літературними джерелами, які підтверджують ефективність мікрокапсуляції для стабілізації EGCG та антоціанів у харчових системах (Estevinho & Rocha, 2022; Bińkowska et al., 2024). Застосування сублімаційного методу сушіння в даній роботі виявилось особливо результативним: цей метод дозволив зберегти фізико-хімічні властивості продукту (колір, розчинність, вміст біоактивних речовин) без шкоди, пов'язаної з температурним впливом, як це часто спостерігається при сушінні методом розпилення. Загалом, використання мікрокапсуляції можна розглядати як ефективну технологічну стратегію для підвищення функціональної стабільності напоїв, призначених для умов із високим окисдативним навантаженням.

Таблиця 2

Результати вимірювань вмісту поліфенолів та антиоксидантної активності (n = 3)

Показник	Тип зразка	Вимірювання 1	Вимірювання 2	Вимірювання 3	Середнє $\pm$ SD
EGCG (мг/г)	Інкапсул.	333,0	332,5	331,7	$332,4 \pm 6,8$
	Неінкапсул.	277,0	278,9	279,0	$278,3 \pm 6,9$
Антоціани (мг/г)	Інкапсул.	85,1	84,8	84,6	$84,8 \pm 0,7$
	Неінкапсул.	65,0	64,8	65,2	$65,0 \pm 0,6$
DPPH (% інгібування)	Інкапсул.	82,1	81,4	81,2	$81,6 \pm 2,1$
	Неінкапсул.	56,8	58,5	60,0	$58,4 \pm 2,8$
FRAP (мкмоль ТЕ/г)	Інкапсул.	35,5	35,0	35,1	$35,2 \pm 1,7$
	Неінкапсул.	21,3	21,5	21,7	$21,5 \pm 2,0$

Примітка: значення подано окремо для кожного з трьох незалежних вимірювань (n = 3)

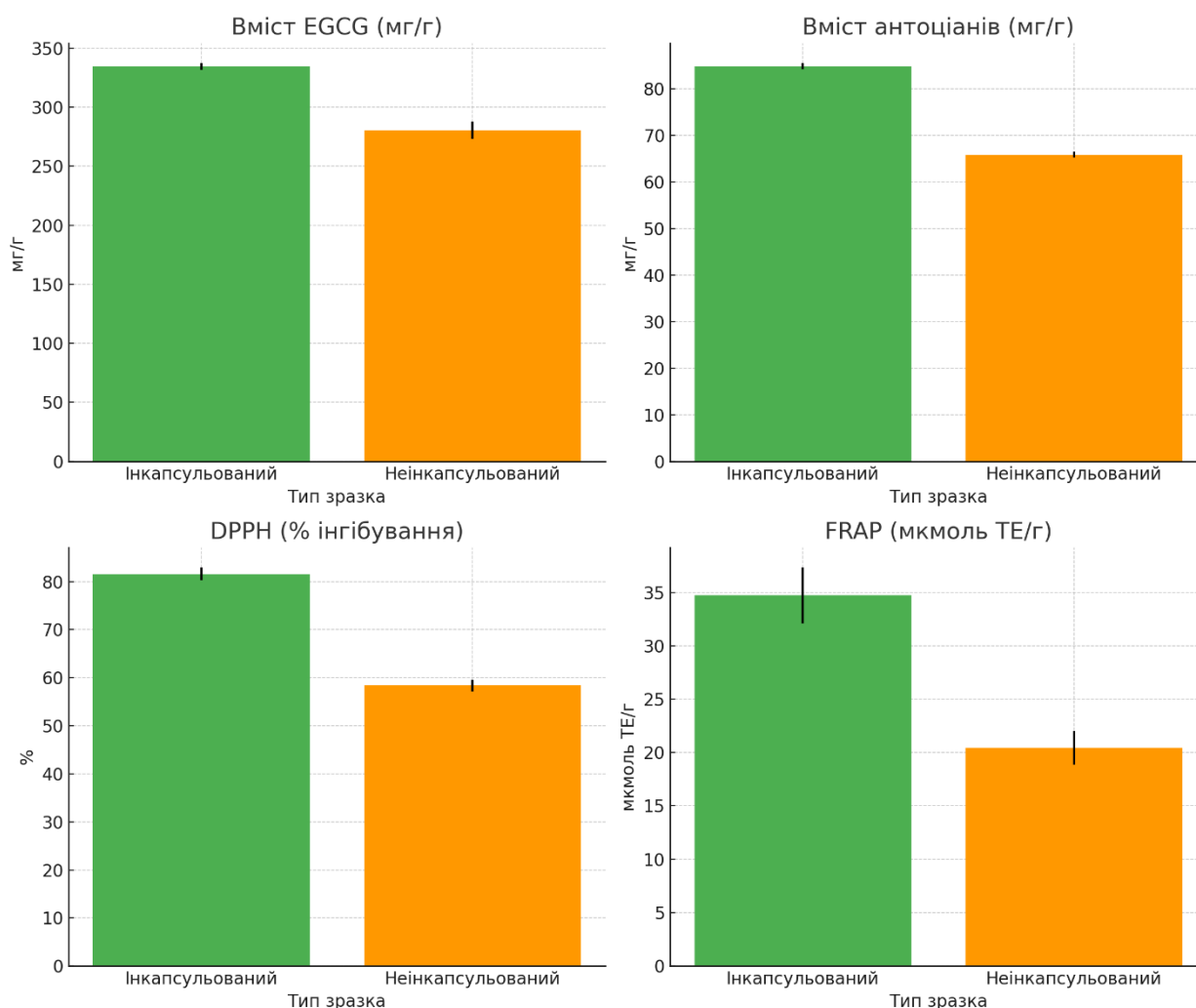


Рис. 2. Порівняння показників вмісту поліфенолів та антиоксидантної активності у зразках з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами ($n = 3$). (A) EGCG (мг/г), (B) антоціани (мг/г), (C) DPPH (% інгібування), (D) FRAP (мкмоль ТЕ/г)

Сенсорна оцінка та ефективність маскування гіркоти

За результатами органолептичної оцінки, найбільшу гіркоту, інтенсивність післясмаку та найменшу загальну прийнятність виявлено у контрольному зразку з неінкапсульованим L-тирозином, який не містив білково-вуглеводної матриці, ароматизаторів чи підсолоджувачів (табл. 3). Середній бал гіркоти в цій групі склав $7,0 \pm 0,3$ балів за 9-бальною шкалою, при цьому загальна прийнятність не перевищувала $5,5 \pm 0,4$ балів. Додавання білково-вуглеводної матриці на основі мальтодекстрину та ізоляту сироваткового білка дозволило знизити інтенсивність гіркоти до $4,2 \pm 0,2$ балів ($p < 0,05$) та підвищити суб'єктивну приємність смаку, аромату та після-

смаку. Зокрема, дегустаційна комісія відзначила кращу текстуру, м'якший смаковий профіль і зниження різкого металевого відтінку, характерного для чистого тирозину.

Застосування ягідного ароматизатора та сукралози додатково покращило сприйняття напою: аромат оцінили у $8,1 \pm 0,2$ бали, післясмак – $7,6 \pm 0,3$ бали, а загальна прийнятність зросла до $8,0 \pm 0,2$ балів. Для порівняння, у базовому зразку без ароматизатора та підсолоджувача ці показники були на 1,2–1,5 бали нижчими. Результати підтверджують, що застосування комплексної маскувальної матриці є ефективною стратегією для покращення органолептичних характеристик функціонального напою з L-тирозином.

Таблиця 3

**Індивідуальні результати
органолептичної оцінки зразків (n = 10)**

Дегустатор	Конт- роль – гіркота	Контроль – заг. оцінка	Матриця – гіркота	Матриця – заг. оцінка	Маску- вання – гіркота	Після- смак	Аромат	Заг. оцінка
Експерт 1	7,0	5,7	4,7	7,0	3,4	7,7	8,0	8,1
Експерт 2	6,7	5,7	4,2	7,9	3,3	7,5	8,1	8,3
Експерт 3	7,1	6,0	4,3	7,2	3,2	7,4	7,9	8,0
Експерт 4	7,4	4,9	3,9	6,8	3,1	7,8	7,9	8,3
Експерт 5	6,7	5,0	4,1	7,5	2,8	7,9	8,3	7,5
Експерт 6	6,7	5,6	4,3	6,7	3,0	7,9	8,4	8,2
Експерт 7	7,4	5,4	4,0	7,3	3,1	7,3	8,1	8,0
Експерт 8	7,1	6,1	4,4	6,4	3,5	7,5	8,3	7,9
Експерт 9	6,6	5,4	4,1	6,7	3,3	7,7	8,2	8,0
Експерт 10	7,0	5,2	4,2	7,3	2,7	7,9	8,0	7,6

Сенсорні характеристики зразків представлено у формі профілограми (рис. 3), яка відображає вплив білково-вуглеводної матриці, ароматизатора та сукралози на органолептичне сприйняття напою. Графічна візуалізація демонструє значне зменшення вираженості гіркоти та покращення загального смакового профілю завдяки комплексному підходу до формуляції.

Додавання мікрокапсульованого EGCG дозволило знизити характерну терпкість, притаманну некапсульованому екстракту, що підтверджується і результатами попередніх досліджень щодо ефективності інкапсуляції катехинів у зменшенні небажаного присмаку в напоях. Зокрема, Kochubei et al. (2025) експериментально довели, що використання ягідної основи у функціональних напоях сприяє ефективному маскуванню гіркоти катехинів, що позитивно впливає на сприйняття продукту споживачами. Це також узгоджується з узагальне-

ними висновками ряду оглядових робіт (Estevinho & Rocha, 2022; Bińkowska et al., 2024), які на основі експериментальних досліджень інших авторів зазначають, що мікрокапсуляція EGCG сприяє зменшенню гіркоти та покращенню органолептичних властивостей напоїв. Поєднання L-тирозину, L-теаніну, поліфенолів та маскувальних компонентів сприяло формуванню гармонійного сенсорного профілю, який, ймовірно, позитивно впливає на прийнятність продукту для споживачів у стресогенних умовах.

Фізико-хімічна стабільність напою під час зберігання

Оцінку стабільності функціонального напою протягом зберігання здійснювали на 7, 14 та 30 день. Порівняльні результати для зразків із мікрокапсульованими поліфенолами та контрольних зразків представлено в табл. 4.

Таблиця 4

**Динаміка змін органолептичних показників функціонального напою
протягом зберігання (25 °C, 30 днів)**

Показник	День 7		День 14		День 30	
	(Інкапсул.)	(Контроль)	(Інкапсул.)	(Контроль)	(Інкапсул.)	(Контроль)
Інтенсивність кольору	Насичений	Насичений	Насичений	Менш інтенсивний	Насичений	Тьмянний
Осад	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Сліди осаду	Відсутній	Осад помітний
Запах	Ягідний	Ягідний	Ягідний (без змін)	Ягідний (без змін)	Ягідний (без змін)	Легкий окисний відтінок

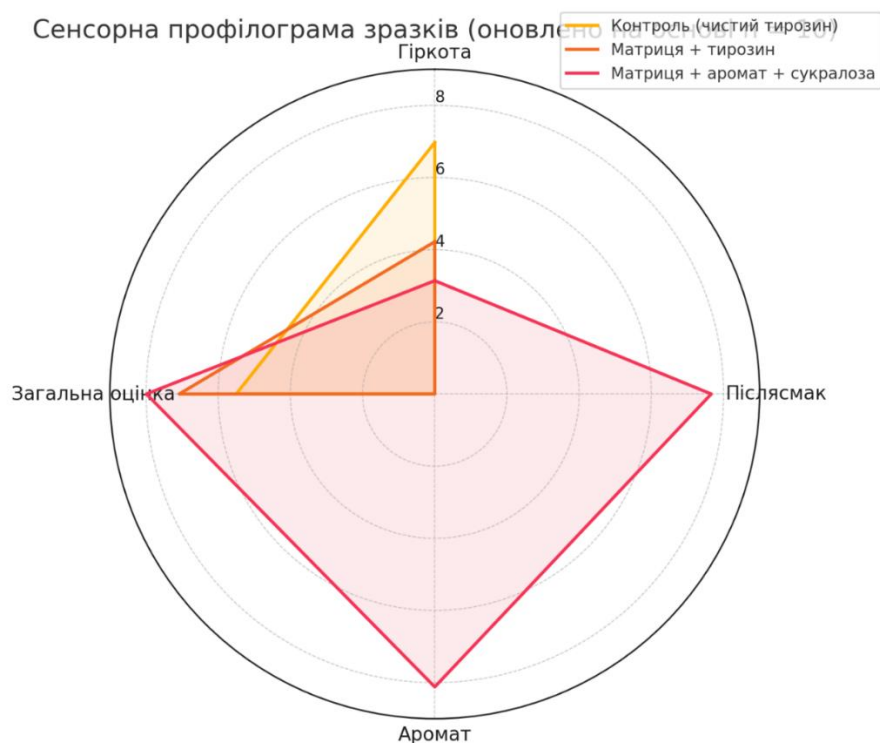


Рис. 3. Сенсорна профілограма зразків з L-тирозином у різних матрицях (n = 10)

Усі зразки зберігали у герметичних контейнерах при температурі 25 °C без доступу світла. Основна увага приділялася зміні розчинності, кольору, запаху, а також наявності осаду у готовому розчині.

Протягом усього періоду зберігання зразки з білково-вуглеводною матрицею та мікрокапсульованими поліфенолами демонстрували добру розчинність та однорідність. Час повного розчинення у воді (150 мл, 25 °C) не змінювався і становив близько 30–40 секунд при легкому перемішуванні. На 30-й день майже жодних істотних змін в інтенсивності кольору, утворення осаду або появи сторонніх запахів не зафіксовано. Колір залишався насиченим фіолетово-бордовим, з характерним ягідним тоном, без помутніння.

Натомість контрольні зразки, які містили неінкапсульовані поліфеноли, вже на 14 день демонстрували помітне зниження інтенсивності забарвлення та появу дрібного осаду, що вказує на часткову деградацію антоціанів і EGCG. Наприкінці 30-денного періоду зберігання відзначено зміну запаху в контрольному зразку – поява легкого окисного відтінку, відсутнього у зразках з інкапсульованими компонентами.

Загалом, отримані результати підтверджують, що мікрокапсуляція поліфенолів, а також використання матриці для активних

речовин забезпечують високу стабільність продукту під час зберігання при кімнатній температурі. Це особливо важливо для практичного застосування функціонального напою у польових умовах, де відсутній контроль за температурою чи спеціальні умови зберігання. Стабільність кольору, запаху і відсутність осаду впродовж 30 днів свідчать про доцільність обраного підходу до формуляції.

Прикладна ефективність та потенціал використання

Отримані результати підтверджують, що розроблений функціональний напій має потенціал для використання у складі раціону осіб, які працюють в умовах підвищеного психофізіологічного навантаження, зокрема військовослужбовців. За результатами лабораторного дослідження, мікрокапсуляція EGCG із застосуванням альгінату, мальтодекстрину та желатину дозволила зберегти до 95 % його антиоксидантної активності, що підтверджує ефективність обраної технології. У табл. 5 наведено ключові компоненти, їх функціональні ролі, технологічні рішення та очікувані переваги застосування, які разом формують науково обґрунтовану формулу функціонального напою.

Таблиця 5

Характеристика інгредієнтів, технологічних рішень та очікуваних ефектів

Компонент / Технологія	Функціональна роль	Технологічне рішення	Очікуваний ефект / Перевага
EGCG (зеленого чаю)	Антиоксидант, нейропротектор	Мікрокапсуляція + сублімаційне сушіння	Зменшення втрат біоактивності, зниження гіркоти
L-тирозин	Підвищення когнітивної витривалості	Введення у білково-вуглеводну матрицю	Зниження гіркоти, покращення смаку, швидке всмоктування
Кофеїн	Стимуляція уваги та реакції	Точне дозування + поєднання з теаніном	Помірний стимулюючий ефект без тахікардії
L-теанін	Зниження нервової напруги, покращення концентрації	Введення у суміш разом із кофеїном	Баланс збудження / спокою, синергічна дія
Антоціани ягід	Покращення кровообігу, пам'яті	Сушіння + мікрокапсуляція	Стабільність кольору, антиоксидантна дія
Сукралоза + ароматизатор	Органолептична привабливість	Додавання в маскувальну матрицю	Зниження гіркоти, приємний смак
Формат порошку миттєвого приготування	Зручність, мобільність, швидкість	Суміш швидко розчинних компонентів	Легка вага, розчинення < 1 хв, підходить для бойових умов
Мікрокапсуляція поліфенолів	Захист EGCG і антоціанів	Альгінат + мальтодекстрин + желатин + сублімація	Збереження антиоксидантної активності

Поєднання EGCG, L-тироzinу, кофеїну, L-теаніну, цинку та антоціанів ягідного походження дозволяє створити мультикомпонентну формулу з вираженим нейропідтримуючим, антиоксидантним і когнітивно активуючим ефектом. Такий підхід забезпечує не лише тимчасову стимуляцію (за рахунок кофеїну), але й більш тривалу підтримку когнітивної витривалості завдяки тирозину, поліфенолам і цинку.

Особливе значення має форма продукту – порошок швидкого приготування. Це дозволяє зручно транспортувати та швидко вживати напій без необхідності в складному приготуванні, що критично важливо у польових та бойових умовах. Легка вага, стабільність при кімнатній температурі та висока швидкість розчинення забезпечують функціональну зручність. Завдяки ефективному маскуванню гіркоти та покращеним органолептичним властивостям, напій має високу сенсорну прийнятність, що підвищує ймовірність його регулярного вживання особами у стресових ситуаціях. У порівнянні з традиційними енергетичними напоями, які містять надлишкову кількість кофеїну та цукру, запропонований продукт вирізняється збалансованим складом, наявністю нутрієнтів з науково підтвердженою дією та зниженою ймовірністю побічних ефектів (збудження, тахікардія, зневоднення).

Враховуючи стабільність біоактивних компонентів, високу антиоксидантну активність, органолептичну прийнятність і простоту використання, напій може стати корисним інструментом у підтримці когнітивного ресурсу військових, рятувальників, спортсменів та інших груп з високим навантаженням.

У межах цього дослідження було проведено лабораторну оцінку фізико-хімічних, антиоксидантних та органолептичних властивостей продукту, однак без моделювання бойового або польового навантаження. Будь-яка оцінка впливу на когнітивні функції чи фізичну витривалість не проводилася. Це слід враховувати при інтерпретації результатів. Подальші етапи дослідження передбачають клінічне тестування функціонального напою в умовах підвищеного фізичного та когнітивного навантаження (зокрема на полігоні або під час підготовки новобранців).

Висновки

У результаті дослідження розроблено порошкову суміш для миттєвого приготування функціонального напою, спрямованого на підтримку когнітивної витривалості в умовах бойового стресу. До складу включено EGCG, L-тирозин, кофеїн, L-теанін, антоціани ягід та цинк. Застосування мікрокапсуляції поліфенолів (альгінат, желатин, мальто-

декстрин) у поєднанні з сублімаційним сушінням забезпечило на 38,3 % вищу антиоксидантну активність за методом DPPH (81,6 % проти 58,4 %) та на 63,7 % вищу активність за методом FRAP (35,2 мкмоль ТЕ/г проти 21,5 мкмоль ТЕ/г) у порівнянні з неінкапсульованими зразками ($p < 0,05$). Збереження EGCG зросло з 79,5 % до 94,8 %, а антоціанів – з 65,8 мг/г до 84,8 мг/г, що свідчить про ефективність обраної матриці.

Введення тирозину у білково-вуглеводну матрицю з ароматизатором і підсолоджувачем дозволило знизити інтенсивність гіркоти з $7,0 \pm 0,3$ до $3,1 \pm 0,3$ бали та підвищити загальну сенсорну прийнятність з $5,5 \pm 0,4$ до $8,0 \pm 0,2$ бали. Напій також продемонстрував високу розчинність (30–40 с) та стабільність протягом 30 днів

зберігання при кімнатній температурі без втрати кольору, запаху чи появи осаду.

Отримані результати свідчать про практичну перспективність використання розробленого продукту у військових або екстремальних умовах для підтримки уваги, реакції та розумової витривалості. У межах дослідження було здійснено лабораторну оцінку фізико-хімічних, антиоксидантних та органолептичних властивостей продукту. Оцінювання впливу на когнітивні функції або фізичну працездатність не проводилося. Це обмеження слід враховувати при інтерпретації результатів. Подальші етапи дослідження передбачають вивчення ефективності напою в умовах підвищеного фізичного та когнітивного стресу (зокрема на полігоні або під час підготовки новобранців).

Фінансування/Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Усі процедури, пов'язані з участю дегустаційної комісії, проводилися відповідно до етичних норм та були схвалені Комісією з етичної оцінки досліджень Одеського національного технологічного університету (Науково-дослідний інститут, протокол № 16-20-02-25 від 20 лютого 2025 року) / All procedures involving the participation of the tasting panel were conducted in accordance with ethical standards and were approved by the Commission on Ethical Assessment of Research of the Odesa National University of Technology (Scientific Research Institute, protocol No. 16-20-02-25 dated February 20, 2025).

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Усі учасники сенсорного тестування надали усну інформовану згоду на участь у дослідженні. Дані знеособлені та представлені в узагальненому вигляді без можливості ідентифікації особистості / All participants in the sensory evaluation provided verbal informed consent prior to participation. The data were anonymized and are presented in an aggregated form without the possibility of individual identification.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до автора / Dataset available on request from the author.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Автор використовувала інструменти генеративного штучного інтелекту (ChatGPT, OpenAI) лише для покращення мови та граматики статті. Науковий зміст, дизайн дослідження, інтерпретація даних та висновки були повністю розроблені автором без генерації змісту за допомогою ШІ. Після використання цього інструменту автор ретельно переглянула та відредагувала вміст за необхідності і несе повну відповідальність за

остаточну опубліковану версію / The author used generative AI-based tools (ChatGPT, OpenAI) to improve the language and grammar of the article. The scientific content, study design, data interpretation, and conclusions were entirely developed by the author without the generation of content by AI. After using this tool, the author carefully reviewed and edited the content as needed and takes full responsibility for the final published version.

References

- Ahles, S., Joris, P. J., & Plat, J. (2021). Effects of berry anthocyanins on cognitive performance, vascular function and cardiometabolic risk markers: A systematic review of randomized placebo-controlled intervention studies in humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6482. <https://doi.org/10.3390/ijms22126482>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bińkowska, W., Szpicer, A., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., & Półtorak, A. (2024). Microencapsulation of polyphenols and their application in food technology. *Applied Sciences*, 14(24), 11954. <https://doi.org/10.3390/app142411954>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Deijen, J. B., Wientjes, C. J., Vullings, H. F., Cloin, P. A., & Langefeld, J. J. (1999). Tyrosine improves cognitive performance and reduces blood pressure in cadets after one week of a combat training course. *Brain Research Bulletin*, 48(2), 203–209. [https://doi.org/10.1016/s0361-9230\(98\)00163-4](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(98)00163-4)
- Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2022). Development of food-grade controlled delivery systems by microencapsulation of polyphenols with health benefits. In M. A. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Handbook of functional beverages and human health* (pp. 1089–1114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04797-8_42
- Fan, J., & Smith, A. P. (2020). Effects of occupational fatigue on cognitive performance of staff from a train operating company: A field study. *Frontiers in Psychology*, 11, 558520. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.558520>
- Fekete, M., Lehoczki, A., Tarantini, S., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Csizmadia, Z., & Varga, J. T. (2023). Improving cognitive function with nutritional supplements in aging: A comprehensive narrative review of clinical studies investigating the effects of vitamins, minerals, antioxidants, and other dietary supplements. *Nutrients*, 15(24), 5116. <https://doi.org/10.3390/nu15245116>
- Gibson, E. L., & Green, M. W. (2002). Nutritional influences on cognitive function: Mechanisms of susceptibility. *Nutrition Research Reviews*, 15(1), 169–206. <https://doi.org/10.1079/NRR200131>
- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2017). Caffeine and theanine exert opposite effects on attention under emotional arousal. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 95(1), 93–100. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2016-0498>
- Grabska-Kobyłecka, I., Szpakowski, P., Król, A., Książek-Winiarek, D., Kobyłecki, A., Głabiński, A., & Nowak, D. (2023). Polyphenols and their impact on the prevention of neurodegenerative diseases and development. *Nutrients*, 15(15), 3454. <https://doi.org/10.3390/nu15153454>
- International Organization for Standardization. (2005). *Determination of substances characteristic of green and black tea – Part 2: Content of catechins in green tea – Method using high-performance liquid chromatography (ISO 14502-2:2005)*. <https://www.iso.org/standard/31357.html>
- Islam, M. R., Rauf, A., Akter, S., Akter, H., Al-Imran, M. I. K., Islam, S., Nessa, M., Shompa, C. J., Shuvo, M. N. R., Khan, I., Al Abdulmonem, W., Aljohani, A. S. M., Imran, M., & Iriti, M. (2025). *Epigallo-*

catechin 3-gallate-induced neuroprotection in neurodegenerative diseases: Molecular mechanisms and clinical insights. Molecular and Cellular Biochemistry, 480(6), 3363-3383. <https://doi.org/10.1007/s11010-025-05211-4>

Kochubei, E., Lomovskiy, I., Lomovsky, O., Baktybekova, J., Koptev, V., Andreeva, A., Matveeva, A., Vorobyov, A., Tantawy, A. A., Eid, M. H., El-Messery, T. M., & Bychkova, E. (2025). Optimization of microencapsulation of green tea extract for functional beverage development. *Applied Food Research*, 5(1), 100790. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100790>

Lieberman, H. R., Bathalon, G. P., Falco, C. M., Kramer, F. M., Morgan, C. A., & Niro, P. (2005). Severe decrements in cognition function and mood induced by sleep loss, heat, dehydration, and undernutrition during simulated combat. *Biological Psychiatry*, 57(4), 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.11.014>

Mahoney, C. R., Castellani, J., Kramer, F. M., Young, A., & Lieberman, H. R. (2007). Tyrosine supplementation mitigates working memory decrements during cold exposure. *Physiology & Behavior*, 92(4), 575-582. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.003>

Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance: A physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041-2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>

McLellan, T. M., Caldwell, J. A., & Lieberman, H. R. (2016). A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 294-312. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>

Owen, G. N., Parnell, H., De Bruin, E. A., & Rycroft, J. A. (2008). The combined effects of L-theanine and caffeine on cognitive performance and mood. *Nutritional Neuroscience*, 11(4), 193-198. <https://doi.org/10.1179/147683008X301513>

Pervin, M., Unno, K., Ohishi, T., Tanabe, H., Miyoshi, N., & Nakamura, Y. (2018). Beneficial effects of green tea catechins on neurodegenerative diseases. *Molecules*, 23(6), 1297. <https://doi.org/10.3390/molecules23061297>

Wang, X., Wang, H., Zhang, F., Cui, Y., Zhang, D., & Shen, X. (2021). Threshold effects and interactive effects of total zinc and selenium intake on cognitive function in older adults. *Clinical Nutrition ESPEN*, 47, 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.11.001>

Received: 30.04.2025. Accepted: 06.06.2025. Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Черненко С. Розробка порошкової суміші для приготування напою з інгредієнтами, що сприяють підвищенню когнітивної витривалості. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 96-108

Cite this article in APA style as:

Chernenko, S. (2025). Development of a powder mixture for preparing a drink with ingredients that promote increase cognitive endurance. *Biota. Human. Technology*, (2), 96-108. (in Ukrainian)

Information about the author:

Chernenko S. [in Ukrainian: **Черненко С.**], Master, Food technologist, email: imsophy2404@gmail.com
ORCID: 0009-0003-7811-3259

Department of Restaurant and Healthy Food Technologies, M.O. Grishyn Educational and Scientific Institute of Food Technologies, Odesa National University of Technology
112 Kanatna Street, Odesa, 65039, Ukraine



CHEMICAL TECHNOLOGIES

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ





Copyright (c) 2025 Viktor Yanchenko, Olena Bondar, Olha Sydorenko, Nataliia Yasna

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Віктор Янченко, Олена Бондар, Ольга Сидоренко, Наталія Ясна
КВАНТОВО-ХІМІЧНІ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОХІДНИХ 6-АРИЛАМІНО-7Н-[1,2,4]ТРИАЗОЛО[3,4-В][1,3,4]ТІАДІАЗИНУ

**Viktor Yanchenko, Olena Bondar, Olha Sydorenko, Nataliia Yasna**

QUANTUM CHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF 6-ARYLAMINO-7H-[1,2,4]TRIAZOLO[3,4-B][1,3,4]THIADIAZINES DERIVATIVES

АНОТАЦІЯ

Мета статті. Встановлення взаємозв'язку між біологічною активністю і квантово-хімічними дескрипторами для похідних 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину та прогнозування шляхів їх метаболізму.

Методологія. Для первинного скринінгу створено бібліотеку сполук, яка налічує 42 похідних 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину.

Дослідження проведено з використанням пакетів програмного забезпечення ChemOffice, онлайн ресурсів Molinspiration Cheminformatics, OSIRIS Property Explorer, SwissTargetPrediction, SuperPred, ProTox. Розраховували енергетичні характеристики, фармако-кінетичні параметри, токсичність, оцінювали відповідність правилу Ліпінського, здійснювали прогноз ймовірних білків-лігандів. Лінійний кореляційний та регресійний аналіз залежності ймовірності зв'язування з лігандом від квантово-хімічних характеристик здійснено за допомогою програми Microsoft Excel.

Наукова новизна. Здійснено віртуальний скринінг фармакологічної активності та ймовірних продуктів метаболізму нових похідних 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину та виявлені кореляційні залежності між ймовірністю зв'язування з білками Histone deacetylase 4 та Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A та енергетичними параметрами молекул.

Висновки. Здійснено прогнозування ймовірної біологічної активності для ряду похідних 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину. Виявлено кореляційні залежності щодо можливих лігандів з високими вірогідностями зв'язування та енергіями вищої зайнятої та нижньої вакантної молекулярних орбіталей. Здійснено прогнозування шляхів метаболізму з утворенням гідроксильованих, деметильованих та О- і N-ацилованих форм вихідних сполук. Виявлені закономірності можуть стати базовими для більш ґрунтовного віртуального скринінгу біологічної активності нових похідних 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину, а також для цілеспрямованого синтезу майбутніх лікарських субстанцій.

Ключові слова: 6-ариламіно-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазин, квантово-хімічні дескриптори, фармакологічна активність, кореляційний аналіз, прогнозування метаболітів

ABSTRACT

Purpose of the work. To determine the relationship between biological activity and quantum chemical descriptors for 6-arylamino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-*b*][1,3,4]thiadiazine derivatives and to predict their metabolic pathways.

Methodology. For the primary screening, a library of compounds containing 42 derivatives of 6-arylamino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-*b*][1,3,4]thiadiazine was created.

The study was conducted using ChemOffice software package, Molinspiration Cheminformatics, OSIRIS Property Explorer, SwissTargetPrediction, SuperPred, and ProTox online resources. The energy characteristics, pharmacokinetic parameters, and toxicity were calculated, compliance with the Lipinski rule was assessed, and the probable ligand proteins were predicted. Microsoft Excel was used to perform linear correlation and regression analyses in the coordinates of binding probability – quantum chemical descriptors.

Scientific novelty. Virtual screening of pharmacological activity and probable metabolic products for new 6-arylamino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-*b*][1,3,4]thiadiazine derivatives was performed and correlations between the

probability of binding to Histone deacetylase 4 and Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A proteins and energy parameters of the molecules were revealed.

Conclusions. Prediction of possible biological activity for a number of 6-aryl-amino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazine derivatives was performed. A number of correlation dependencies were established for the probable ligands with the highest binding probability and energies of the highest occupied and lowest vacant molecular orbitals. The metabolic pathways with the formation of hydroxylated, demethylated, and O- and N-acylated forms of the starting compounds were predicted. The obtained results are useful for a more reasonable virtual screening of biological activity of new 6-aryl-amino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazine derivatives for the targeted synthesis of future medicinal substances.

Key words: 6-aryl-amino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazine, quantum chemical descriptors, pharmacological activity, correlation analysis, prediction of metabolites

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Зважаючи на велике різноманіття біоактивних гетероциклічних сполук триазолу не в останню чергу привертають увагу як універсальні платформи для розробки нових лікарських засобів. За будовою вони розділяються на 1,2,3-триазол та 1,2,4-триазол. До структури даних гетероциклів доволі легко можна вводити різні замісники як електронодонарної, так і електроноакцепторної природи, що сприяє створенню та їх основі різноманітних нових біологічно активних речовин. Їх унікальна хімічна структура забезпечує високу біологічну активність і селективність дії, що робить триазольні системи перспективним об'єктом для створення ефективних і безпечних препаратів нового покоління. Відомо, що похідні триазолу мають широкий спектр біологічної активності, включаючи антимікробну, протівірусну, протитуберкульозну, протипухлинну, протисудомну, болезаспокійливу, антиоксидантну, протизапальну, антидепресивну та інші дії (Aggarwal & Sumran, 2020; Dai et al, 2022).

Триазольний цикл входить до складу багатьох важливий конденсованих гетероциклічних систем, серед яких і 1,2,4-триазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазини. Ця конденсована система дозволяє комбінувати радикалами як у третьому, так і в шостому та сьомому положенні а простота синтезу (Ansari et al, 2019) та доступність реактивної бази робить дану гетеросистему привабливою для дослідників.

Одним із актуальних напрямів у створенні нових лікарських засобів є раціональний дизайн біологічно активних сполук на основі комп'ютерного моделювання. Такий підхід дозволяє в перспективі цілеспрямовано синтезувати молекули з прогнозованою фармакологічною дією. Для оцінки потенційної активності нових сполук

широко застосовуються молекулярні дескриптори, зокрема: розподіл електричних зарядів, енергії НОМО та LUMO орбіталей, ліпофільність, енергетичні характеристики та топологічні параметри. Аналіз взаємодії з біомішенями, зокрема білками-рецепторами, на ранніх етапах досліджень сприяє підвищенню ефективності та безпеки потенційних лікарських препаратів (Chekman, 2010).

У цьому контексті важливим є не лише передбачення специфічної фармакологічної активності, але й встановлення кореляційних зв'язків між її ймовірністю та квантово-хімічними характеристиками молекул. Такий підхід дозволяє глибше зрозуміти вплив електронної будови на біологічну дію сполуки та сприяє раціональному добору структур з найвищим потенціалом фармакологічної ефективності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останнім часом було виявлено, що похідні 3,6-дизаміщеного 1,2,4-тріазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазину проявляють анти-туберкульозну активність проти штамів *Mycobacterium tuberculosis*, стійких до рифампіцину (Li et al, 2017). Дослідження 6,7-дизаміщених феніл-3-піридин-4-іл-5Н-[1,2,4]триазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазинів показало, що вони проявляють високу активність проти штамів бактерій *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* і *Salmonella typhi* (зона інгібування карбоангідрази = 21 мм) і помірну активність проти *Aerobacter aerogenes* (зона інгібування = 17–20 мм) (Deohate, 2013).

6-Арилзаміщені-3-[2-(4-арилпропан-2-іл)-7Н-[1,2,4]триазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазини показали високу, антибактеріальну та протигрибкову активність (Puthiyapurayil et al, 2012). Нові 3-(3-хлорофеніл)-6-арил[1,2,4]триазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазини були оцінені на антимікробну активність проти *B. Megaterium*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* та *A. niger*

та продемонстрували багатообіцяючу високу антибактеріальну активність (Purohit et al, 2011).

Для похідних 3-(піридин-4-іл)-7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*]-[1,3,4]тіадіазину було досліджено анальгезуючу та протизапальну дію. Ряд сполук виявили потужний знеболюючий ефект (79–145 % порівняно з індометацином) та високий протизапальний ефект через 5 годин, зі швидкістю інгібування запалення до 84–85 % (Hussein et al, 2011).

Нові 1,2,4-триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазини, які містять фрагменти ібупрофену, напроксену, флурбіпрофену (Aytaç et al, 2016), індометацину (Sever et al, 2016), кумарину (Ibrar et al, 2016), фероцену (Miao et al, 2011), піридину (Gomha et al, 2020), фурану та тіофену (Zhang et al, 2015) виявляють високу протипухлинну активність щодо різних ліній клітин раку людини.

Крім зазначеного, похідні 7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*]-[1,3,4]тіадіазину виступають інгібіторами фосфодіестерази-4 (Baeri et al, 2011), карбоангідрази (Alafeefy et al, 2015), холінестерази, бутирилхолінестерази та лужної фосфатази (SitaRam et al, 2014).

Однак побічні явища, такі як гепатотоксичність та гормональні проблеми, спонукають дослідників до критичного аналізу родини азолів для пошуку більш високоефективних субстанцій з мінімальною побічною дією.

Відомо (Liu et al, 2020), що похідні 7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину, які містять в шостому положенні гетеро-

системи 3-аміно-4-метоксифенільний фрагмент, проявляють цитотоксичний ефект щодо клітинних ліній фібробластів (L929), альвеолярного базального епітелію (A549), карциноми шийки матки (HeLa), фібросаркоми (HT-1080), молочної залози (MCF-7) та шлунка (SGC-7901). Наразі існує тільки декілька повідомлень про синтез 6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло [3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину (Yanchenko et al, 2004) та (Ma et al, 2020), тому дослідження нових сполук, які містять ариламінотиту в шостому положенні 7H-[1,2,4] триазоло [3,4-*b*][1,3,4]тіадіазини нової системи є актуальним.

Для спрямованого пошуку нових ефективних препаратів важливим є встановлення кореляційних залежностей між квантово-хімічними дескрипторами та біологічною активністю сполук. Це було показано для похідних 1,2,4-триазоло[1,5-*a*]піримідину (Bondar et al., 2022) та 2-аміно-4-арил-1,3-оксазолів (Bondar et al., 2025).

Метою даної роботи було встановлення взаємозв'язку між біологічною активністю та квантово-хімічними дескрипторами для похідних 6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину та прогнозування шляхів їх метаболізму.

Методологія

Досліджено квантово-хімічні та фармакокінетичні характеристики ряду похідних 6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину, як біологічно активних сполук. Для цього нами створено віртуальну бібліотеку на 42 сполуки **1-6 а-є** (рис. 1).

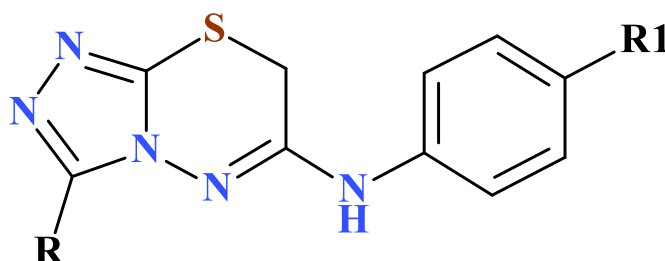


Рис. 1. Загальна формула досліджених сполук:

R = H (1), CH₃(2), CF₃(3), C₂H₅ (4), C₃H₇(5), C₄H₉(6).
R1 = H(a), CH₃(б), OCH₃(в), OC₂H₅(г), F(а), Cl(е), NO₂(е)

Обчислення квантово-хімічних показників досліджуваних сполук здійснено з використанням пакету програм ChemOffice (PerkinElmer Informatics Inc., 2018), онлайн-ресурсів SwissTargetPrediction ((SIB Swiss Institute of Bioinformatics, <http://www.swisstargetprediction.ch/>), Molinspiration Cheminformatics (Slovensky Grob, Slovakia <https://molinspiration.com/cgi/properties>), ProTox (Structural Bioinformatics Group, Institute of Physiology Charité-University Medicine, Berlin <https://tox.charite.de/protox3>), OSIRIS Property Explorer (Idorsia Pharmaceuticals Ltd, Switzerland Molecular Properties Prediction, <https://www.organic-chemistry.org/prog/peo/>), SuperPred (Structural Bioinformatics Group, https://prediction.charite.de/subpages/target_prediction.php).

Використовуючи програму Chem3D (складова пакету ChemOffice), обчислювали енергетичні характеристики, такі як енергія вищої зайнятої молекулярної орбіталі (HOMO) та нижньої вакантної молекулярної орбіталі (LUMO). Для отримання більш достовірних результатів оптимізовано геометрію досліджуваних структур методом MM2 (Bondar et al., 2025). Для оцінки реакційної здатності молекул розраховували величину «енергетичної щілини» (ΔE) як різницю між E_{HOMO} та E_{LUMO} .

Онлайн-ресурс Molinspiration Cheminformatics був використаний для визначення молекулярної маси досліджуваних сполук (MW), кількості акцепторів водневого зв'язку (nON), кількості донорів водневого зв'язку (nOHNN), кількості здатних до обертання нетермінальних зв'язків (nrotb), показника ліофільності (LogP), топологічну площу полярної поверхні (TPSA).

Гостру токсичність (LD_{50}) прогнозували з використанням онлайн-ресурсу ProTox (<https://tox.charite.de/protox3>).

Параметри Druglikness та Drugscore було оцінено з використанням програми OSIRIS Property Explorer. Показник Druglikness характеризує схожість структури зі вже відомими лікарськими субстанціями, а Drugscore є комплексним показником, який включає MW, logS, cLogP, druglikeness та ймовірність токсикологічних ускладнень (Velec et al., 2005) і свідчить про перспективність структури, як кандидата на препарат.

Фармакокінетичні параметри оцінювали з використанням програми SwissTargetPrediction. Аналізувалась можливість

речовин проходити через гематоенцефалічний бар'єр (BBB permeant), гастроентеральний бар'єр (GI absorption), та здатність до інгібування певних форм цитохрому P450 (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, CYP3A4), а також спорідненість до мішені P-глікопротеїд субстрату (P-gp substrate).

Здатність сполук до взаємодії з білковими мішенями оцінювали за допомогою онлайн-ресурсу SuperPred, який дозволяє визначати схожість досліджуваної молекули із базою вже відомих структур препаратів та мішенями, до яких вони виявляють спорідненість (Gallo et al., 2022).

Кореляційні залежності між афінністю до білка та квантово-хімічними показниками встановлювалися методом регресійного та лінійного кореляційного аналізу за допомогою програми Microsoft Excel.

Результати дослідження

Квантово-хімічне моделювання відіграє ключову роль у прогнозуванні фармакологічної активності сполук. Серед найбільш значущих параметрів, що враховуються при оцінці потенційної біологічної дії є енергії HOMO та LUMO. Ці характеристики дозволяють передбачити реакційну здатність молекул, їхню взаємодію з біомішенями та ймовірні механізми дії (табл 1.).

Дані щодо енергії нижньої вакантної молекулярної орбіталі дають підстави вважати, що всі досліджувані сполуки виявляють електрофільні властивості, а отже, проявляють афінність до негативно заряджених центрів. Одним із ключових параметрів, що характеризують реакційну здатність молекули, є величина енергетичної щілини – різниця між енергіями E_{HOMO} та E_{LUMO} . Як зазначено (Aihara, 1999), високий рівень реакційної здатності притаманний сполукам, у яких це значення перевищує 1 eV. Таким чином всі досліджувані сполуки **1-6 а-є** мають високий рівень реакційної здатності, що є важливим для потенційних фармакологічних препаратів.

Одним із ключових етапів у розробці нових ефективних лікарських засобів є ідентифікація потенційних білків-мішеней, з якими досліджувані похідні триазолотіадіазину здатні специфічно зв'язуватись як ліганди.

Таблиця 1

**Енергетичні характеристики похідних
6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину**

Сполука	Значення енергетичного показника для відповідної сполуки		
	E_{HOMO} , eV	E_{LUMO} , eV	ΔE , eV
1	2	3	4
1a	-6,753	-0,781	5,972
1б	-6,723	-0,750	5,973
1в	-6,655	-0,731	5,924
1г	-7,836	-0,729	7,107
1д	-6,657	-0,746	5,911
1е	-6,646	-0,749	5,897
1є	-6,972	-4,655	2,317
2a	-6,744	-0,781	5,963
2б	-6,715	-0,750	5,965
2в	-6,646	-0,731	5,915
2г	-6,646	-0,729	5,917
2д	-6,648	-0,746	5,902
2е	-6,637	-0,748	5,889
2є	-6,965	-4,645	2,32
3a	-6,730	-0,780	5,95
3б	-6,701	-0,749	5,952
3в	-6,632	-0,731	5,901
3г	-6,632	-0,732	5,9
3д	-6,635	-0,746	5,889
3е	-6,632	-0,748	5,884
3є	-7,779	-4,647	3,132
4a	-6,740	-0,781	5,959
4б	-6,710	-0,750	5,96
4в	-6,641	-0,731	5,91
4г	-6,641	-0,729	5,912
4д	-6,643	-0,746	5,897
4е	-6,632	-0,748	5,884
4є	-6,961	-4,645	2,316
5a	-6,738	-0,781	5,957
5б	-6,709	-0,750	5,959
5в	-6,640	-0,731	5,909
5г	-6,640	-0,729	5,911
5д	-6,642	-0,746	5,896
5е	-6,631	-0,748	5,883
5є	-6,959	-4,644	2,315
6a	-6,738	-0,781	5,957
6б	-6,708	-0,750	5,958
6в	-6,640	-0,731	5,909
6г	-6,640	-0,729	5,911
6д	-6,642	-0,746	5,896
6е	-6,630	-0,749	5,881
6є	-6,959	-4,644	2,315

Для кожної досліджуваної сполуки з використанням онлайн-ресурсу Super-Pred отримано більше 100 потенційних білків-мішеней із різною ймовірністю зв'язування у ролі лігандів.

Максимальне значення вірогідності зв'язування (ВЗ) для сполук **1 а-є**, які не містять замісника в третьому положенні гетеросистеми, виявлено для білків Casein kinase II alpha/beta, Glutathione S-transferase Pi, Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A, Stem cell growth factor receptor, Platelet-derived growth factor receptor beta. Для сполук **2 а-є**, які містять метильну групу в третьому положенні гетеросистеми, виявлено висока вірогідність зв'язування для білків Casein kinase II alpha/beta, Ras-related protein Rab-9A, Glutathione S-transferase Pi, Pregnane X receptor, G-protein coupled bile acid receptor 1. Сполуки **3 а-є**, які містять трифлуор-метильну групу в третьому положенні виявляють високі ВЗ для білків Histone deacetylase 4, Casein kinase II alpha/beta, Glutathione S-transferase Pi, Transient receptor potential cation channel subfamily A member 1, Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A. Для сполук

4 а-є з етильною групою виявлено ВЗ для білків Pregnane X receptor, Beta-glucuronidase, Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A, Telomerase reverse transcriptase, Sodium channel protein type III alpha subunit. Сполуки **5 а-є** з пропільним замісником в третьому положенні виявляють ВЗ для білків Casein kinase II alpha/beta, Glutathione S-transferase Pi, Pregnane X receptor, Telomerase reverse transcriptase, Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A. У випадку сполук **6 а-є**, які містять бутильну групу в цьому ж положенні гетероцикла виявлено високі ВЗ для білків Casein kinase II alpha/beta, Glutathione S-transferase Pi, Pregnane X receptor, Telomerase reverse transcriptase, Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A.

З метою виявлення кореляційних залежностей (лінійна кореляція) було взято всі сполуки **1-6 а-є** та зазначені вище білки-мішені з найвищими ймовірностями прояву. Аналіз залежностей (табл. 2) показав, що біологічна активність досліджуваних сполук корелює зі встановленими значеннями E_{HOMO} , E_{LUMO} та ΔE .

Таблиця 2

Залежність вірогідності зв'язування
6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло[3,4-b][1,3,4]тіадіазинів
з білками мішенями від енергетичних показників молекул

Сполука	Назва білку мішені	R^2	Рівняння регресії
3 а-є	Histone deacetylase 4	$R^2 = 0,7193$	$P = 19,551 \times E_{\text{HOMO}} + 212,840$
		$R^2 = 0,7685$	$P = -5,823 \times E_{\text{LUMO}} + 87,097$
		$R^2 = 0,7857$	$P = -8,254 \times \Delta E + 33,977$
4 а-є	Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A	$R^2 = 0,7854$	$P = 73,920 \times E_{\text{HOMO}} + 577,130$

Серед усього спектра проаналізованих параметрів статистично значуща кореляція спостерігалась лише для показників ймовірності зв'язування з білками Histone deacetylase 4 та Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A.

Величина енергії $HOMO$ корелює з ВЗ сполук рядів 3 та 4 з білками мішенями Histone deacetylase 4 та Cyclin-dependent kinase 2/cyclin A. Крім цього для сполук **3 а-є**, які містять трифлуорометильну групу в третьому положенні гетеросистеми, було виявлено залежності з енергією нижньої вакантної молекулярної орбіталі та величиною енергетичної щільності щодо Histone deacetylase 4.

Враховуючи вище зазначене нами було звужено обсяг досліджуваних сполук та проведено більш широкий аналіз для сполук **3 а-є**.

Відповідність досліджуваних структур критеріям правила Ліпінського слугує індикатором їх лікоподібності та вказує на потенціал їх застосування як пероральних засобів. Це правило встановлює допустимі значення таких параметрів як молекулярна маса (MW), коефіцієнт ліпофільності (LogP), кількість нетермінальних зв'язків, що обертаються (nrotb), кількість донорів (nON) та акцепторів (nOHNH) водневих зв'язків. Відповідність цим критеріям дозволяє попередньо оцінити потенціал сполуки як

лікарського засобу з погляду її абсорбції та проникності в організмі.

Аналіз структур 6-ариламіно-3-трифлуорометил-7*H*-[1,2,4]триазоло[3,4-

b][1,3,4]тіадіазину **3 а-є** (табл. 3.) за допомогою сервісу Molinspiration Cheminformatics показав відповідність структур **3 а, б, д, е** всім критеріям правила Ліпінського.

Таблиця 3

Відповідність 6-ариламіно-трифлуорометил-7*H*-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазинів **3 а-є вимогам правила Ліпінського**

Показник	Згідно правилу	Значення показника для відповідної сполук						
		3а	3б	3в	3г	3д	3е	3є
LogP	< 5	2,62	3,07	2,68	3,05	2,78	3,30	2,58
MW	< 500	299,3	313,3	329,3	343,3	317,3	333,7	344,3
nON	< 5	5	5	6	6	5	5	8
nOHNH	< 10	1	1	1	1	1	1	1
nrotb	< 10	3	3	4	5	3	3	4

Для сполук **3 в, г, є** невідповідність критерію лікоподібності лише за кількістю донорів водневого зв'язку (nON), тож всі сполуки цієї групи є перспективними для подальшого дослідження.

Ліпофільність усіх досліджуваних молекул, значення якої перебуває в діапазоні LogP від 1 до 5, свідчить про їхню здатність ефективно проникати крізь клітинні мембрани, що також знаходить підтвердження у значенні топологічної площі полярної поверхні (TPSA) (табл. 4.),

яке становить менше 140 Å для всіх сполук, що є одним із визначальних факторів, які визначають здатність сполук до всмоктування при пероральному введенні (Muegge I., 2003).

Значне негативне значення Drug-likeness (табл. 4.) для всіх сполук вказує на відсутність подібності до існуючих лікарських субстанцій. Значення комплексного показника DrugScore вказує, що проаналізовані речовини можуть бути потенційними лікарськими препаратами.

Таблиця 4

Показники 6-ариламіно-трифлуорометил-7*H*-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазинів

Показник	Значення показника для відповідної сполуки 3						
	3а	3б	3в	3г	3д	3е	3є
Druglikeness	-12,10	-12,14	-12,05	-11,53	-9,92	-10,5	-22,0
DrugScore	0,37	0,35	0,36	0,31	0,29	0,35	0,33
TPSA	55,11	55,11	64,34	64,34	55,11	55,11	100,93

За даними онлайн-прогнозу Pro-Tox всі досліджувані сполуки демонструють низький потенціал щодо розвитку гепато- і нейротоксичності та відносяться до 4 класу небезпеки, що відповідає чинним стандартам для кандидатів у фармакологічні препарати.

На останньому етапі нами було здійснено аналіз фармакокінетичних параметрів молекул 6-ариламіно-3-трифлуорометил-7*H*-[1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину **3 а-є** (табл. 5), а саме спроможність до гастроентеральної адсорбції (GI absorp-

tion), потенціал зв'язування з субстратом Р-глікопротеїну (P-gp substrate), можливість долати гематоенцефалічний бар'єр (BBB permeant) та пригнічувати активність ізоформ цитохрому P450 (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6, CYP3A4).

Всі проаналізовані похідні триазоло-тіадіазину показали високий потенціал адсорбційної здатності у травному тракті. Сполуки **3в, 3е-є** також мають здатність долати гемато-енцефалічний бар'єр. Проникність через гастроентеральний бар'єр можлива лише для сполуки **3в**.

Важливу роль у виведенні з організму лікарських препаратів та продуктів їх метаболізму відіграють ензими цитохрому Р-450 (Golovenko, 2001).

Для досліджених сполук виявлено високий рівень афінності до ізоформи СYP1A2 цитохрому Р450, який є ключовим ферментом у метаболізмі кофеїну, теофіліну

та інших сполук (Raunio et al, 2016). Для сполуки **3в** встановлено можливість зв'язування з ізоформою цитохрому Р450 СYP2C19.

Для більш широкого уявлення про перетворення похідних [1,2,4]тріазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину в організмі людини, нами було проаналізовано можливі шляхи метаболізму на прикладі сполук **3а** та **3в** (рис. 2).

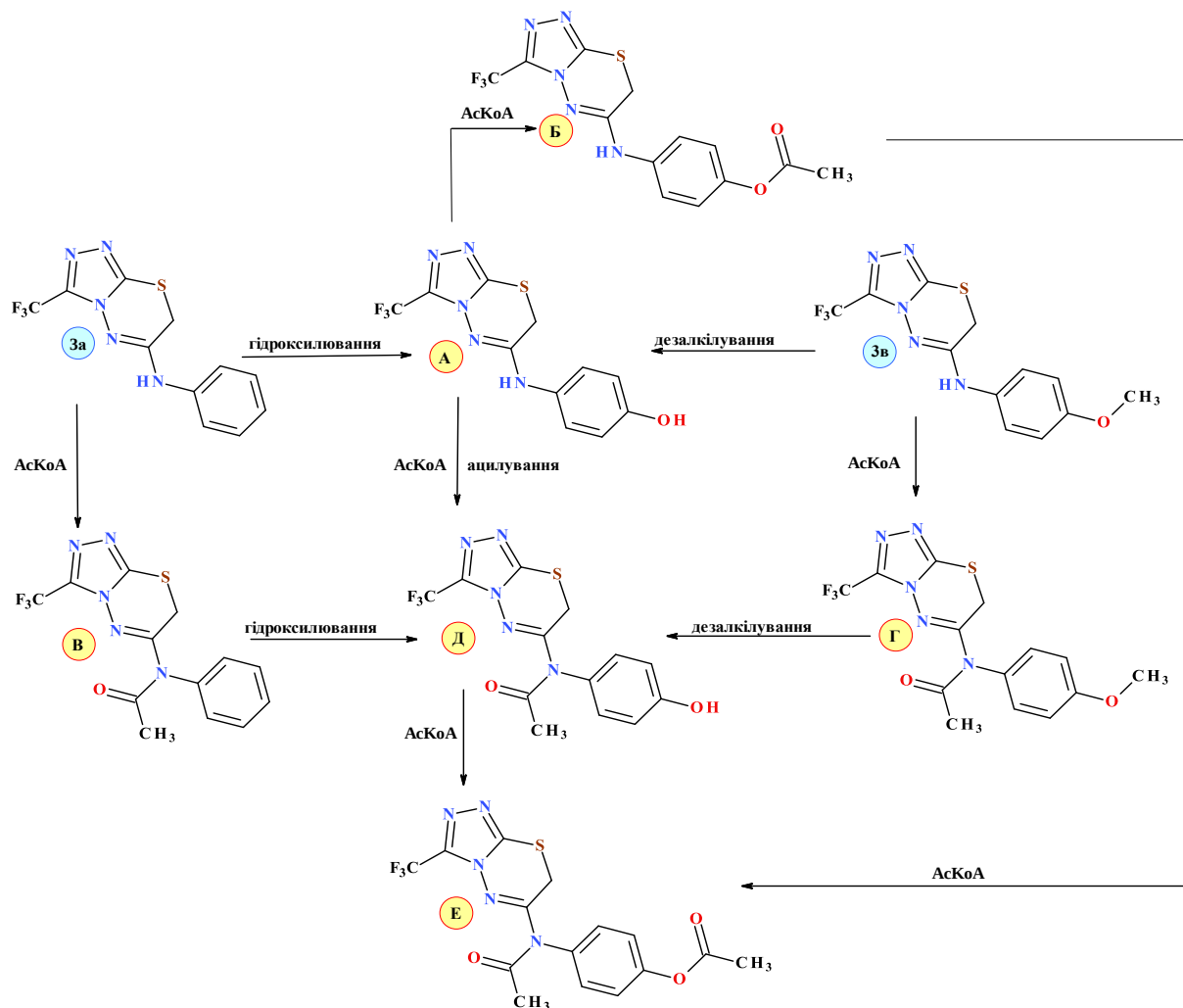


Рис. 2. Ймовірні шляхи метаболічних перетворень сполук **3а**, **в**

Ксенобіотики, потрапляючи в живий організм, зазнають впливу комплексу мікосомальних ферментів, які, модифікуючи молекули, зменшують їх ліпофільність та збільшують розчинність, що істотно впливає на швидкість їх виведення з організму (Yanchenko et al, 2023). Для обраних структур найбільш вірогідними напрямками модифікації структури є гідроксидування, деметилування та ацилування. Гідроксидування сполуки **3а** та деметилування сполуки **3в** (аналогічно буде метаболізуватись і сполука **3г**) призводить до утворення спільного метаболіту **А**, який містить гідроксильну групу в 4 положенні

арильного залишку в 6 положенні гетеросистеми. Він далі може зазнавати О- та N-ацилування за участі AcCoA з утворенням **Б** та **Д** метаболітів відповідно, які у разі подвійного ацилування утворять метаболіт **Е**. Не можна також виключати альтернативні шляхи утворення метаболіту **Д** (**3а** → **В** → **Д** та **3в** → **Г** → **Д**).

Розраховані за допомогою сервісу Molinspiration Cheminformatics показники ліпофільності (LogP) для метаболітів А-Е (табл. 5.) мають значно менші значення, ніж у вихідних сполук **3а**, **в**, що підтверджує гіпотезу про їхню здатність краще виводитись з організму.

Таблиця 5

Показники ліпофільності сполук 3а, в
та їх ймовірних метаболітів А-Е

Показник	Значення показника LogP для відповідної сполуки							
	3а	3в	А	Б	В	Г	Д	Е
LogP	2,62	2,68	2,14	2,17	2,23	2,28	1,75	1,78

Висновки

Виявлено кореляційні залежності (лінійна кореляція) щодо можливих лігандів з високими вірогідностями зв'язування та енергіями НОМО та LUMO. На прикладі сполук 3а, в показано вірогідні шляхи метаболізму в організмі людини за участь

мікросомальних ферментів з утворенням гідроксильованих, деметильованих та О- та N-ацилованих форм. Одержані результати є важливими для цілеспрямованого пошуку фармакологічноактивних речовин серед похідних [1,2,4]триазоло[3,4-*b*][1,3,4]тіадіазину та розробки нових лікарських форм.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflicts of Interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflicts of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

- Aihara, J. (1999) Reduced HOMO-LUMO Gap as an Index of Kinetic Stability for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *The Journal of Physical Chemistry A*, 103, 7487-7495.
- Aggarwal, R., & Sumran, G. (2020). An insight on medicinal attributes of 1,2,4-triazoles. *European journal of medicinal chemistry*, 205, 112652. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112652>
- Alafeefy, A. M., Abdel-Aziz, H. A., Vullo, D., Al-Tamimi, A. M., Awaad, A. S., Mohamed, M. A., Capasso, C., & Supuran, C. T. (2015). Inhibition of human carbonic anhydrase isozymes I, II, IX and XII with a new series of sulfonamides incorporating aroylhydrazones-, [1,2,4]triazolo[3,4-*b*][1,3,4]thiadiazinyl- or 2-(cyanophenylmethylene)-1,3,4-thiadiazol-3(2H)-yl moieties. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 30(1), 52-56. <https://doi.org/10.3109/14756366.2013.877897>

- Ansari, M., Shokrzadeh, M., Karima, S., Rajaei, S., Hashemi, S. M., Mirzaei, H., ... & Emami, S. (2019). Design, synthesis and biological evaluation of flexible and rigid analogs of 4H-1, 2, 4-triazoles bearing 3, 4, 5-trimethoxyphenyl moiety as new antiproliferative agents. *Bioorganic chemistry*, 93, 103300. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103300>
- Aytaç, P. S., Durmaz, I., Houston, D. R., Çetin-Atalay, R., & Tozkoparan, B. (2016). Novel triazolothiadiazines act as potent anticancer agents in liver cancer cells through Akt and ASK-1 proteins. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 24(4), 858–872. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2016.01.013>
- Baeeri, M., Foroumadi, A., Motamedi, M., Yahya-Meymandi, A., Firoozpour, L., Ostad, S. N., Shafiee, A., Souzangarzadeh, S., & Abdollahi, M. (2011). Safety and efficacy of new 3,6-diaryl-7H-[1,2,4] triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazine analogs as potential phosphodiesterase-4 inhibitors in NIH-3T3 mouse fibroblastic cells. *Chemical biology & drug design*, 78(3), 438–444. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0285.2011.01167.x>
- Bondar, O., Vasilenko, K., Makei, O., & Kurmakova, I. (2022). Quantum-chemical characterization of the new [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine derivatives with biological activity. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1(1), 98–106. (in Ukrainian)
Бондар О., Василенко К., Макей О., Курмакова І. Квантово-хімічна характеристика нових біологічно активних похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піримідину. *BHT: Biota. Human. Technology*. 2022. №1(1). С. 98–106.
- Bondar, O., Tarasenko, I., Kurmakova, I., & Makei, O. (2025). Quantumchemical descriptors and biological activity of 2-amino-4-aryl-1,3-oxazoles. *Biota. Human. Technology*, (1), P.177-187. (in Ukrainian)
Бондар О., Тарасенко І., Курмакова І., Макей О. Квантово-хімічні дескриптори та біологічна активність 2-аміно-4-арил-1,3-оксазолів. *Biota. Human. Technology*. 2025. №1. С. 177–187. <https://doi.org/10.58407/bht.1.25.11>
- Chekman, I. S. (2010). Quantum pharmacology: new direction in materia medica. *Science and innovations*, 6(2), 29 – 35. (in Ukrainian).
Чекман І.С. Квантова фармакологія: новий напрям у лікознавстві. *Наука та інновації*. 2010. Т. 6. № 2. С. 29 –35.
- Dai, J., Tian, S., Yang, X., & Liu, Z. (2022). Synthesis methods of 1,2,3-/1,2,4-triazoles: A review. *Frontiers in chemistry*, 10, 891484. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.891484>
- Deohate, PP (2013) Synthesis, structural study and biological activity of bridgehead nitrogen containing triazolo-thiadiazine derivatives. *Chem Sci Trans.*, 2(2), 556-560 <https://doi.org/10.7598/cst2013.397>
- Gallo, K., Goede, A., Preissner, R., & Gohlke, B.O. (2022). SuperPred 3.0: Drug classification and targetprediction-a machine learning approach. *Nucleic Acids Research*, 50(W1), W726–W731. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac297>
- Gomha, S. M., Muhammad, Z. A., Ezz El-Arab, E., Elmetwally, A. M., El-Sayed, A. A., & Matar, I. K. (2020). Design, Synthesis, Molecular Docking Study and Anti-Hepatocellular Carcinoma Evaluation of New Bis-Triazolothiadiazines. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 20(9), 788–800. <https://doi.org/10.2174/1389557519666191015130037>
- Golovenko, N. Ya. (2001). Some aspects of biochemistry, chemistry, molecular biology and genetics of cytochrome. *Modern Problems of Toxicology*, 3, 22-41.
- Hussein, M. A., Shaker, R. M., Ameen, M. A., & Mohammed, M. F. (2011). Synthesis, anti-inflammatory, analgesic, and antibacterial activities of some triazole, triazolothiadiazole, and triazolothiadiazine derivatives. *Archives of pharmacal research*, 34(8), 1239–1250. <https://doi.org/10.1007/s12272-011-0802-z>

- Ibrar, A., Zaib, S., Jabeen, F., Iqbal, J., & Saeed, A. (2016) Unraveling the alkaline phosphatase inhibition, anticancer, and antileishmanial potential of coumarin-triazolothiadiazine hybrids: design, synthesis, and molecular docking analysis. *Arch. Pharm. Chem. Life Sci.*, 349, 553–565
- Li, Z., Bai, X., Deng, Q., Zhang, G., Zhou, L., Liu, Y., Wang, J., & Wang, Y. (2017). Preliminary SAR and biological evaluation of antitubercular triazolothiadiazine derivatives against drug-susceptible and drug-resistant Mtb strains. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 25(1), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2016.10.027>
- Liu, Z., Lang, B., Gao, M., Chang, X., Guan, Q., Xu, Q., Wu, D., Li, Z., Zuo, D., Zhang, W., & Wu, Y. (2020). 3-(3-Methoxyphenyl)-6-(3-amino-4-methoxyphenyl)-7H-[1,2,4] triazolo [3,4-b][1,3,4] thiadiazine, a novel tubulin inhibitor, evokes G2/M cell cycle arrest and apoptosis in SGC-7901 and HeLa cells. *Journal of cellular biochemistry*, 121(3), 2184–2196. <https://doi.org/10.1002/jcb.29442>
- Ma, W., Chen, P., Huo, X., Ma, Y., Li, Y., Diao, P., Yang, F., Zheng, S., Hu, M., You, W., & Zhao, P. (2020). Development of triazolothiadiazine derivatives as highly potent tubulin polymerization inhibitors: Structure-activity relationship, in vitro and in vivo study. *European journal of medicinal chemistry*, 208, 112847. doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112847
- Miao, R., Wei, J., Lv, M., Cai, Y., Du, Y., Hui, X., & Wang, Q. (2011). Conjugation of substituted ferrocenyl to thiadiazine as apoptosis-inducing agents targeting the Bax/Bcl-2 pathway. *European journal of medicinal chemistry*, 46(10), 5000–5009. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2011.08.007>
- Muegge, I. (2003). Selection criteria for drug-like compounds. *Medicinal Research Reviews*, 23(3), 302–321. <https://doi.org/10.1002/med.10041>
- Purohit, D. H., Dodiya, B. L., Ghetiya, R. M., Vekariya, P. B., & Joshi, H. S. (2011). Synthesis and antimicrobial activity of some new 1,3,4-thiadiazoles and 1,3,4-thiadiazines containing 1,2,4-Triazolo nucleus. *Acta chimica Slovenica*, 58(1), 53–59
- Puthiyapurayil, P., Poojary, B., Chikkanna, C., & Buridipad, S. K. (2012). Synthesis, spectral characterization and biological evaluation of a novel series of 6-arylsubstituted-3-[2-(4-substitutedphenyl)propan-2-yl]-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazines. *European journal of medicinal chemistry*, 57, 407–416. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2012.06.059>
- Raunio, H., Juvonen, R. O., Poso, A., Lahtela-Kakkonen, M., & Rahnasto-Rilla, M. (2016). Common and distinct interactions of chemical inhibitors with cytochrome P450 CYP1A2, CYP2A6 and CYP2B6 enzymes. *Drug Metabolism Letters*, 10, 56–64. <https://doi.org/10.2174/1872312810666151204002456>
- Sever, B., Altıntop, M. D., Kuş, G., Özkurt, M., Özdemir, A., & Kaplancıklı, Z. A. (2016). Indomethacin based new triazolothiadiazine derivatives: Synthesis, evaluation of their anticancer effects on T98 human glioma cell line related to COX-2 inhibition and docking studies. *European journal of medicinal chemistry*, 113, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.02.036>
- SitaRam, Celik, G., Khloya, P., Vullo, D., Supuran, C. T., & Sharma, P. K. (2014). Benzenesulfonamide bearing 1,2,4-triazole scaffolds as potent inhibitors of tumor associated carbonic anhydrase isoforms hCA IX and hCA XII. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 22(6), 1873–1882. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2014.01.055>
- Velec, H. F., Gohlke, H., & Klebe, G. (2005). DrugScore(CSD)-knowledge-based scoring function derived from small molecule crystal data with superior recognition rate of near-native ligand poses and better affinity prediction. *Journal of Medicinal Chemistry*, 48(20), 6296–6303. <https://doi.org/10.1021/jm050436v>

Yanchenko, V. A., Demchenko, A. M., & Lozinskii, M. O. (2004). 6-Arylamino-3-methyl-7H-[1,2,4] triazolo[3,4-b][1,3,4]thiadiazines: Novel N-Arylamidine Structures. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 40(4), 516–518. <https://doi.org/10.1023/b:cohc.0000033549.55639.56>

Yanchenko, V.O., Smolskii, O.S., & Yasna, N.S. (2023). Biologically active substances. NUCHK.

Янченко В.О., Смольський О.С., Ясна Н.С. Біологічно активні речовини: навч. посіб. Чернівці: НУЧК. 2023. 348 с.

Zhang, B., Li, Y. H., Liu, Y., Chen, Y. R., Pan, E. S., You, W. W., & Zhao, P. L. (2015). Design, synthesis and biological evaluation of novel 1,2,4-triazolo [3,4-b][1,3,4] thiadiazines bearing furan and thiophene nucleus. *European journal of medicinal chemistry*, 103, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.08.053>

Received: 21.05.2025. Accepted: 22.06.2025. Published: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Cite this article in APA style as:

Янченко В., Бондар О., Сидоренко О., Ясна Н. Квантово-хімічні та фармакологічні характеристики похідних 6-ариламіно-7H-[1,2,4]триазоло [3,4-b][1,3,4]тіадіазину. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 110-121

Yanchenko, V., Bondar, O., Sydorenko, O., & Yasna, N. Quantum chemical and pharmacological characteristics of 6-arylamino-7H-[1,2,4]triazolo[3,4-b][1,3,4] thiadiazines derivatives. (2025). *Biota. Human. Technology*, (2), 110-121. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Yanchenko V. [in Ukrainian: **Янченко В.**] ¹, Assoc. Prof., Ph.D. in Pharm. Sc., email: v.o.yanchenko@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6727-4124 Scopus-Author ID: 6602531355 ResearcherID: AAC-9900-2020
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Bondar O. [in Ukrainian: **Бондар О.**] ², Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: bondar4elena@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9612-0546 Scopus-Author ID: 54583088800 ResearcherID: AAH-6361-2019
Department of Physics and Astronomy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Sydorenko O. [in Ukrainian: **Сидоренко О.**] ³, Bachelor's Degree Candidate, email: tohinazaya@gmail.com
ORCID: 0009-0009-6472-6373
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Yasna N. [in Ukrainian: **Ясна Н.**] ⁴, Assoc. Prof., Ph.D. in Pharm. Sc., email: yasnaya.nata1@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3478-2007
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation, statistical analysis.

² Manuscript preparation, data collection.

³ Statistical analysis.

⁴ Data collection.



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The article is presented in the original language (Ukrainian, Polish, English). The deadline for submitting articles is determined by the person responsible for the issue. On average, the period of publication of articles from the moment of receipt is 4 months, unless unforeseen circumstances arise.

The article must necessarily contain the following elements: statement of the problem in general form and its connection with important scientific or practical tasks; analysis of the main researches and publications on the raised problem; formulation of the purpose of the article; coverage of the theoretical-methodological and/or experimental research procedure with an indication of research methods; presentation of the main research material with justification of the obtained scientific results; research conclusions and prospects for further scientific research.

The text of the article must be carefully checked and edited by the author. An article that is not designed according to the requirements, with semantic, grammatical or stylistic errors, will not be accepted for publication.

WARNING! It is not allowed to use data that was presented in protected dissertation studies, as well as previously published articles.

The approximate length of the article is 10–16 pages of A4 format.

Technical requirements for the preparation of the manuscript of the article:

The manuscript should be submitted in *.doc or *.rtf (MSWord) format: font – Times New Roman, keel – 14, line spacing – 1.5 intervals of the computer standard. Margins: top and bottom – 2 cm, right – 1.5 cm, left – 3 cm. Paragraph – 1.0 cm. Pages are not numbered, text is typed without hyphens.

Structure of the article:

1. UDC index, with a paragraph indent, in the upper left corner of the first page.
2. The next line is the name and surname of the author(s) in English. Authorship should be based on the following criteria:
 - **Significant contribution** to the conception, design, data collection, or analysis and interpretation of the results of the study.
 - **Participation in writing the manuscript** or critical revision of its intellectual content.
 - **Approval of the final version** for publication.

Individuals who do not meet these criteria may be listed in the Acknowledgements section.

Individuals who do not meet these criteria may be listed in the Acknowledgements section.

3. The next line is the title of the article in English, Ukrainian and Polish (if the article is written in Polish) or in English and Ukrainian (if the article is written in Ukrainian), in capital letters, without paragraph indent, centered. The title should be short (no more than 8 words) and reflect the content of the article.

4. The next line is the abstract in English, Polish (if the article is written in Polish) and Ukrainian (with the word **“ABSTRACT”** in the appropriate language, in the center; the text of the abstract is paragraph indented, aligned with the width of the text, single line spacing). The length is **at least 1800, but no more than 2200 characters with spaces**. The abstract should contain the following structural elements highlighted in bold text: **purpose of the work, methodology, scientific novelty, conclusions**.

5. The next line is key words (the phrase “Key words” in bold, paragraph indented, aligned to the width of the text, single line spacing). No more than five keywords.

6. Through the line – the main text of the article according to the structural elements: **statement of the problem, research results, conclusions**.

7. The text of the article should include references to all references. The editorial board strongly recommends that authors avoid using outdated and undigitized references. To do this, we recommend that authors **conduct comprehensive and up-to-date searches** in global bibliographic databases such as Scopus, Web of Science, PubMed, and others, depending on the topic of the research.

References are given in round brackets with the name(s) of the author(s) in chronological order, for example:

one author – Lukash, 2019;

two authors – Tkachuk & Zelena, 2020;

three authors and more – Kurmakova et al., 2021.

Publications without authors are cited in accordance with [APA style](#).

8. The following information is provided after the main text of the article:

Funding: Provide one of two statements: no external funding or details of a grant received. Make sure you spell the names of funding institutions correctly by checking them on an official resource. Mistakes can make it difficult to obtain funding in the future.

Ethical approval: This section is required to document the ethical approval of the study. For work with humans, indicate compliance with the Declaration of Helsinki and approval by an ethics committee. For animal studies, provide information about protocol approval. If ethical approval is not required, justify this or indicate “Not applicable”.

Informed Consent Statement: This section is required for studies involving human subjects. Confirm that consent was obtained from participants or explain its absence. This is especially important in cases where participants are identifiable – written consent for publication is required.

Data access: Describe where the data from your study can be found. Provide links to data archives. Even if no new data were created or there are access restrictions, this should be noted. For more information, see the following guidelines:

Data availability status	Recommended Data Availability Statement
Open access in repository	All primary data from the study are freely available in [repository] at [identifier].
Restricted access upon request	Due to [reason for restriction], data can be obtained by contacting the corresponding author.
Data from third-party organizations	Access is restricted by proprietary rights. Data provided by [organization] and available under [access terms] with their permission.
Temporary restriction for commercialization	After the commercialization period, data will be available in [repository] at [identifier].
Special access conditions	Due to [specific reason, e.g., data is part of an ongoing study or due to technical/time constraints], direct access to the data is restricted. For access, please contact [contact].
Open source data	Data used are available in [repository], [identifier]. Data sources: [list of public resources].
No new data	The study did not generate new data, it is based on theoretical analysis.
Data in the publication	All data are presented directly in the article and appendices. For additional information, please contact the authors.
Data on request	The authors will provide the original data of the study upon request of interested parties.

Acknowledgements: A place to acknowledge assistance that is not included in the author's contribution or funding – administrative support, technical assistance, materials provided, etc.

Conflict of interest: Authors should disclose any financial or personal relationships that may affect the objectivity of their research. This includes:

Funding: grants, sponsorships, or other forms of financial support.

Employment/employment: work for organizations that may have an interest in the publication.

Financial interests: ownership of stocks, patents, or receipt of royalties.

Non-financial interests: personal or professional relationships that may influence the research.

Clearly state whether or not there are conflicts of interest. Describe any influence of sponsors on the conduct of the research and the publication of the results. If there is no such influence, state this separately by stating "The authors declare no conflict of interest." Disclosure of conflicts of interest is intended to provide transparency and allows readers to independently assess the possible influence.

The use of generative AI: The use of generative AI and AI-assisted technologies in scientific writing must be transparently declared. Authors should include a statement at the end of the manuscript at the time of initial submission. This statement will appear in the final published work, placed in a designated section (**Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process**) before the references list. An example of the required statement is as follows:

During the preparation of this manuscript, the author(s) utilized [NAME OF TOOL / SERVICE] to [PURPOSE OF USE]. Following the application of this tool/service, the author(s) thoroughly reviewed and edited the content as necessary and take full responsibility for the final published version.

Or

This study did not use generative artificial intelligence or AI-enabled technologies to collect, analyze, or interpret data.

9. The article continues with a list of references. It should contain only those sources to which reference is made in the text. The word **“References”** is written aligned. References are presented in alphabetical order using the Latin alphabet. References that are originally written in languages using the Latin script are presented in the original language, formatted according to [APA style](#) indicating the language of publication in round brackets. References, which are written in the original language with Cyrillic writing, are presented in two paragraphs as follows: first, the translation into English (not transliteration!), formatted according to [APA style](#), and in the second paragraph – in the original language according to [DSTU 8302:2015. Bibliographic reference. General provisions and rules of compilation](#)

For example:

Tkachuk, N. V., & Zelena, L. B. (2022). Biosafety in the formation of professional competences of bachelors from the courses “Microbiology and virology with the basics of immunology” and “Genetics”. *Environmental sciences*, 2(41), 41-145. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24> (in Ukrainian)

Ткачук Н. В., Зелена Л. Б. Біобезпека при формуванні фахових компетенцій бакалаврів з курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика». *Екологічні науки*. 2022. №2(41). С. 141-145. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24>

10. Tables, diagrams, figures, diagrams must be author's, not copied from other publications and numbered. They are placed without a paragraph in the center of the page directly after a link to them in the text of the article or on the next page. The word “Table” and its number are written on top aligned to the right, and the name of the table is aligned in the center on the line below. Illustrations (figures, block diagrams, graphs) must be made in one of the graphic editors. Figures can be submitted in color. Flow charts and figures (must be grouped) are additionally provided as separate files in electronic form. Illustrations are signed from the bottom aligned with the center.

11. Formulas and letter designations of quantities are typed in the MathType-Equation editor and presented in text or a separate line without paragraph indent, aligned with the center, numbered with Arabic numerals in round brackets on the right side of the page.

12. The following signs are used in the text of the article: quotation marks (“ ”), apostrophe (’), a dash (–) instead of a hyphen (-). A colon (:) is placed without a space.

13. Words, phrases and sentences in the Latin language in the article are highlighted in italics, regardless of the language of the article.

Examples:

... the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc...

... are important *in vivo* biomarkers for biomonitoring...

Taxa (all) and syntaxa of vegetation are given only in Latin and highlighted in italics. The author(s) of the taxon or syntaxon should be indicated in normal font at the first mention in each structural part of the article (title, abstracts and keywords in any language, the actual text (body) of the article), as well as captions to tables and figures.

If species belonging to one genus are mentioned in the article, and between these mentions there are no mentions of species of other genera, then after the first writing of the full species name, the name of the species should be given further in the text, shortening the name of the genus to the first letter with a dot. This rule applies within any structural part of the article, as well as captions to tables and figures.

An example of writing the Latin names of taxa and syn taxa in one article:

PLATANUS L. GENUS IN TRANSCARPATIA

ПІД *PLATANUS* L. НА ЗАКАРПАТТІ

Abstract

... the coexistence of other *Platanus* L. species... *Picea abies* (L.) Karst.

... the study of the genus *Platanus* in the ... as *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. is a...

... the genus *Platanus* in Transcarpathia will.... *Picea abies*...

The spruce forest communities of the Dnieper part of Eastern Polesie belong to the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 and *Querco-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 associations of the *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 alliance of the *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 order of the *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 class.

The natural spruce forest of the *Querco-Piceetum* association...

Key words: introduced plants, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L., Transcarpathia

Анотація

... міжвидових гібридів роду *Platanus* L. ...is *Picea abies* (L.) Karst.

... гібриди роду *Platanus* ... *Picea abies*...

... належить до виду *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. і має статусу...

Угрупування ялинових лісів придніпровської частини Східного Полісся належать до асоціацій *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 та *Querco-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 з союзу *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 порядку *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 класу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939.

Природний ялиник асоціації *Querco-Piceetum*...

Ключові слова: Закарпаття, рослини-інтродуценти, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L.

Formulation of the problem

In ... two primary progenitors: *Platanus orientalis* L. and *P. occidentalis* L. Additionally, there are several natural hybrid species, including the *P. acerifolia* (Aiton) Willd., *P. cuneate* Willd., *P. digitata* Gord., *P. hispanica* Münchh. and others.

Results and discussion

P. occidentalis also known simply as “sycamore”, ..., *Ficus sycómorus* L., which is ... and even the *Acer pseudoplatanus* L....

...*Platanus orientalis* along with...

Fig. 1: *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd (photo by Ivan Dzurenko)

...*P. occidentalis* is notably affected by the fungus *Gloeosporium nervisequum* (Fuckel) Sacc....

... *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association...

Table. Structure of the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association

...*Eu-Piceetum* is formed in an ecotone area ...

... both *Platanus occidentalis* and *P. acerifolia* grew...

... phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 and *Robinietae* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 classes are formed...

Conclusions

... Among these species is *P. acerifolia*.

..., phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* class is...

14. After References, information about each author is provided **in English**:

▪First line – **Surname, Name [in Ukrainian: Прізвище Ім'я]** ¹[\[i\]](#), position, scientific degree and academic title (if available), e-mail.

▪The next line is the mandatory ORCID of the author (the profile must be filled and open for public viewing).

▪The next line is the author's ResearcherID (if available), the author's Scopus-AuthorID (if available).

▪The next line is an indication of the organization in which the author works.

▪The next line is a mandatory indication of the full address of the organization where the author works, indicating the index and country.

15. At the end of the page, the date it was sent to the editorial office of the journal is indicated.

The article is accompanied by a list of 2-3 potential reviewers (PhD and/or Doctors of Sciences who carry out research in a specialty that corresponds to the topic of the material submitted for publication, and are authors (co-authors) of a total of at least three publications in scientific publications included in category “A” and/or category “B” of the List of scientific specialized publications of Ukraine, and /or in foreign publications indexed in the Web of Science Core Collection

and/or Scopus databases for the relevant specialty, published within the last five years) with an indication of their place of work, scientific interests, ORCID and Google Scholar, e-mail.

Submission, publication and access to published articles are free.

The text of the article and additional materials should be sent by e-mail to the address lukash2011@ukr.net or bht.journal.nuchc@gmail (indicate the author's last name in the letter).

EDITORS OF THE JORNAL ARE NOT RESPONSIBLE FOR THE CONTENT OF THE ARTICLES AND MAY NOT SHARE THE OPINION OF THE AUTHOR!

Appeals and complaints

In case of disagreement with the editorial decision, authors have the right to file an appeal. To do this, a written justification must be sent to the editor-in-chief. The appeal will be considered by the editorial board, and the decision based on the results of the review is final.

Corrections and withdrawal of articles

If significant errors or ethical violations are found in a published article, the journal may:

•**Publish a correction** (erratum) in the case of minor errors that do not affect the main results.

•**Withdraw the article** in the case of serious violations, such as plagiarism or falsification of data.

The withdrawal procedure involves publishing an appropriate notice and marking the article as withdrawn in all versions.

Research reporting standards

Authors must adhere to internationally recognized reporting standards, such as CONSORT ([Consolidated Standarts of Reporting Trials](#)) for randomized trials, PRISMA ([Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses](#)) for systematic reviews, and others, depending on the type of study. This will ensure transparency and reproducibility of results.

[i]¹ Indicate the contribution of the corresponding (1 – first, 2 – second, etc.) author to the publication choosing from the list: 1) study design, 2) data collection, 3) statistical analysis, 4) manuscript preparation, 5) funds collection.

КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ

Стаття подається мовою оригіналу (українською, польською, англійською). Терміни подачі статей визначається відповідальним за випуск. В середньому термін публікації статей з моменту надходження становить 4 місяці, якщо не виникнуть непередбачені обставини.

Стаття обов'язково повинна містити такі елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; аналіз основних досліджень і публікацій з порушеної проблеми; формулювання мети статті; висвітлення процедури теоретико-методологічного та/або експериментального дослідження із зазначенням методів дослідження; виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з дослідження і перспективи подальших наукових розвідок.

Текст статті має бути ретельно перевірений і відредагований автором. Стаття, не оформлена згідно з вимогами, зі смисловими, граматичними чи стилістичними помилками, до друку не приймається.

УВАГА! Не допускається використання даних, які було представлено у захищених дисертаційних дослідженнях, а також опублікованих раніше статтях.

Орієнтовний обсяг статті – 10–16 сторінок формату А4.

Технічні вимоги до оформлення рукопису статті:

Рукопис подавати у форматі *.doc чи *.rtf (MSWord): шрифт – Times New Roman, кегель – 14, відстань між рядками – 1,5 інтервалу комп'ютерного стандарту. Поля: верхнє і нижнє – 2 см, праве – 1,5 см, ліве – 3 см. Абзац – 1,0 см. Сторінки не нумеруються, текст набирається без переносів.

Структура статті:

1. Індекс УДК, з абзацним відступом, у верхньому лівому куті першої сторінки.
2. Наступний рядок – ім'я та прізвище автора (авторів) англійською мовою. Авторство повинно ґрунтуватися на таких критеріях:
 - **Значний внесок** у концепцію, дизайн, збір даних або аналіз та інтерпретацію результатів дослідження.
 - **Участь у написанні рукопису** або критичний перегляд його інтелектуального змісту.
 - **Затвердження остаточної версії** для публікації.

Особи, які не відповідають цим критеріям, можуть бути перелічені в розділі «Подяки».

3. Наступний рядок – назва статті англійською, українською та польською (якщо стаття написана польською мовою) або англійською та українською (якщо стаття написана українською мовою), великими буквами, без абзацного відступу, вирівняно центром. Назва має бути короткою (не більше 8 слів) і відображати зміст статті.

4. Наступний рядок – анотація англійською, польською (якщо стаття написана польською) та українською мовами (із зазначенням слова «**АНОТАЦІЯ**» відповідною мовою, по центру; текст анотації з абзацним відступом, вирівняно шириною тексту, інтервал між рядками одинарний). Обсяг – **не менше 1800, але не більше 2200 символів з пробілами**. Анотація повинна містити виділені жирним текстом наступні структурні елементи: **мета роботи, методологія, наукова новизна, висновки**.

5. Наступний рядок – ключові слова (словосполучення «Ключові слова» напівжирним шрифтом, абзацний відступ, вирівняно шириною тексту, інтервал між рядками одинарний). Не більше п'яти ключових слів.

6. Через рядок – основний текст статті відповідно до структурних елементів: **постановка проблеми, результати дослідження, висновки**.

7. У тексті статті мають бути посилання на всі джерела у списку літератури. Редакція наполегливо рекомендує авторам уникати використання застарілих та неоцифрованих посилань. Для цього рекомендуємо авторам **проводити комплексні та актуальні пошуки** в глобальних бібліографічних базах даних, таких як Scopus, Web of Science, PubMed та інші, залежно від тематики дослідження.

Посилання на літературні джерела подаються у круглих дужках з вказанням прізвищ(а) автора(ів) у хронологічному порядку, наприклад:

один автор – Lukash, 2019;

два автори – Tkachuk & Zelena, 2020;

три автори та більше – Kurmakova et al., 2021.

Посилання на видання без авторів здійснюється відповідно до правил [APA стилю](#).

8. Після основного тексту статті подається наступна інформація:

Фінансування: Вкажіть одне з двох тверджень: відсутність зовнішнього фінансування або деталі про отриманий грант. Переконайтеся у правильності написання назв фінансових установ, перевіривши їх на офіційному ресурсі. Помилки можуть ускладнити отримання фінансування в майбутньому.

Етичне схвалення: Цей розділ потрібен для документування етичного схвалення дослідження. Для робіт з людьми вкажіть відповідність Гельсінській декларації та схвалення етичного комітету. Для досліджень на тваринах надайте інформацію про схвалення протоколу. Якщо етичне схвалення не потрібне, обґрунтуйте це або вкажіть «Не застосовується».

Інформована згода: Обов'язковий розділ для досліджень за участю людей. Підтвердіть отримання згоди від учасників або поясніть її відсутність. Особливо важливо для випадків, коли учасників можна ідентифікувати – потрібна письмова згода на публікацію.

Доступ до даних: Опишіть, де можна знайти дані вашого дослідження. Надайте посилання на архіви даних. Навіть якщо нові дані не створювались або є обмеження доступу, потрібно це зазначити. Детальніше дивіться у наступних вказівках:

Статус доступності даних	Рекомендована заява про доступність даних
Відкритий доступ у репозиторії	Усі первинні дані дослідження знаходяться у вільному доступі в [репозиторій] за посиланням [ідентифікатор].
Обмежений доступ за запитом	Через [причина обмеження] дані можна отримати, звернувшись до відповідального автора.
Дані від сторонніх організацій	Доступ обмежений правами власності. Дані надані [організація] і доступні [умови доступу] за їхнім дозволом.
Тимчасове обмеження для комерціалізації	Після завершення періоду комерціалізації дані стануть доступними в [репозиторій] за посиланням [ідентифікатор].
Особливі умови доступу	Через [конкретна причина, наприклад, дані є частиною поточного дослідження або через технічні/часові обмеження] прямий доступ до даних обмежений. Для отримання доступу звертайтеся до [контакт].
Дані з відкритих джерел	Використані дані доступні в [репозиторій], [ідентифікатор]. Джерела даних: [список публічних ресурсів].
Відсутність нових даних	Дослідження не створювало нових даних, базується на теоретичному аналізі.
Дані у складі публікації	Усі дані представлені безпосередньо в статті та додатках. За додатковою інформацією звертайтеся до авторів.
Дані за запитом	Первинні дані дослідження автори нададуть на запит зацікавлених осіб.

Подяки: Місце для визнання допомоги, що не входить до авторського внеску чи фінансування – адміністративна підтримка, технічна допомога, надані матеріали тощо.

Конфлікт інтересів: автори повинні розкривати будь-які фінансові чи особисті зв'язки, які можуть вплинути на об'єктивність їхнього дослідження. Це включає:

- **Фінансування:** гранти, спонсорство або інші форми фінансової підтримки.
- **Зайнятість/працевлаштування:** робота в організаціях, які можуть мати інтерес у публікації.
- **Фінансові інтереси:** володіння акціями, патентами або отримання гонорарів.
- **Нефінансові інтереси:** особисті або професійні відносини, які можуть вплинути на дослідження.

Чітко заявіть про наявність або відсутність конфліктів інтересів. Опишіть будь-який вплив спонсорів на проведення дослідження та публікацію результатів. За відсутності такого впливу, вкажіть це окремо, зазначивши «Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів». Розкриття конфлікту інтересів спрямоване на забезпечення прозорості та дозволяє читачам самостійно оцінити можливий вплив.

Використання генеративного ШІ: Використання генеративного штучного інтелекту та технологій за допомогою штучного інтелекту в наукових роботах має бути прозоро декларовано. Автори повинні включити заяву в кінці рукопису під час першого подання. Це твердження з'явиться в остаточній опублікованій роботі, розміщеній у спеціальному розділі (**Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання**) перед списком літератури. Приклад необхідної заяви виглядає наступним чином:

Під час підготовки цього рукопису автор (автори) використовував (використовували) [НАЗВА ІНСТРУМЕНТА/СЕРВІСУ] для [МЕТИ ВИКОРИСТАННЯ]. Після використання цього інструменту/сервісу автор(и) ретельно переглянули та відредагували вміст за потреби та несуть повну відповідальність за остаточну опубліковану версію.

Або

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних.

9. Далі подається список літератури. У ньому мають бути лише ті джерела, на які зроблено посилання у тексті. Слово «**References**» пишеться вирівняно. Список посилань на джерела інформації подається у алфавітній послідовності за латиницею. Джерела, які в оригіналі написані мовами, де використовується латинський шрифт, подаються мовою оригіналу, оформленому за [APA стилем](#). Джерела, які написані у оригіналу мовою з кириличним написанням, подаються двома абзацами таким чином: спочатку переклад англійською мовою (не транслітерація!), оформлений за [APA стилем](#) із зазначенням мови видання у круглих дужках, а у другому абзаці – мовою оригіналу за [ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання](#).

Наприклад:

Tkachuk, N. V., & Zelena, L. B. (2022). Biosafety in the formation of professional competences of bachelors from the courses "Microbiology and virology with the basics of immunology" and "Genetics". *Environmental sciences*, 2(41), 41-145. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24> (in Ukrainian)

Ткачук Н.В., Зелена Л.Б. Біобезпека при формуванні фахових компетенцій бакалаврів з курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика». *Екологічні науки*. 2022. №2(41). С.141-145. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24>

10. Таблиці, схеми, рисунки, діаграми повинні бути авторськими, а не скопійованими з інших видань та пронумеровані. Розміщуються без абзацу в центрі сторінки безпосередньо після посилання на них у тексті статті або на наступній сторінці. Слово «Таблиця» та її номер пишуться зверху вирівняно справа, а рядком нижче вирівняно центром – назва таблиці. Ілюстрації (рисунки, блок-схеми, графіки) повинні бути виконані в одному з графічних редакторів. Рисунки можна подавати кольоровими. Блок-схеми та рисунки (повинні бути згруповані) додатково подаються окремими файлами в електронному вигляді. Ілюстрації підписуються знизу вирівняно центром.

11. Формули та буквені позначення величин набираються у редакторі MathType-Equation і подаються в тексті або окремому рядку без абзацного відступу вирівняно центром, нумеруються арабськими цифрами в круглих дужках з правого боку сторінки.

12. У тексті статті вживаються такі знаки: лапки – (« »), апостроф – ('), через пробіл тире (–), а не дефіс (-). Двокрапка (:) ставиться без пробілу.

13. Слова, словосполучення та речення латинською мовою у статті виділяють курсивом, незалежно від мови написання статті.

Приклади:

... the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc...

... є важливими біомаркерами *in vivo* для біомоніторингу...

Таксони (усі) та синтаксони рослинності наводять лише латинською мовою і виділяють курсивом. Звичайним шрифтом слід наводити автора(-ів) таксону чи синтаксону за першого згадування у кожній структурній частині статті (назві, анотаціях та ключових словах будь-якою мовою, власне тексті (тілі) статті), а також підписах до таблиць та рисунків.

Якщо у статті згадуються види, які належать до одного роду, і між цими згадуваннями немає згадувань видів інших родів, то після першого написання повної видової назви далі у тексті назву виду слід подавати, скорочуючи назву роду до першої літери з крапкою. Це правило застосовується у межах будь-якої структурної частини статті, а також підписів до таблиць та рисунків.

Приклад написання латинських назв таксонів і син таксонів у одній статті:

PLATANUS L. GENUS IN TRANSCARPATHIA

РІД *PLATANUS* L. НА ЗАКАРПАТТІ

Abstract

... the coexistence of other *Platanus* L. species... *Picea abies* (L.) Karst.

... the study of the genus *Platanus* in the ... as *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. is a...

... the genus *Platanus* in Transcarpathia will.... *Picea abies*...

The spruce forest communities of the Dnieper part of Eastern Polesie belong to the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 and *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 associations of the *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 alliance of the *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 order of the *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 class.

The natural spruce forest of the *Quercu-Piceetum* association...

Key words: introduced plants, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L., Transcarpathia

Анотація

... міжвидових гібридів роду *Platanus* L. ...is *Picea abies* (L.) Karst.

... гібриди роду *Platanus* ... *Picea abies*...

... належить до виду *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. і має статусу...

Угруповання ялинових лісів придніпровської частини Східного Полісся належать до асоціацій *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 та *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz

1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 з союзу *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 порядку *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 класу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939.

Природний ялинник асоціації *Quercu-Piceetum*...

Ключові слова: Закарпаття, рослини-інтродуценти, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L.

Formulation of the problem

In ... two primary progenitors: *Platanus orientalis* L. and *P. occidentalis* L. Additionally, there are several natural hybrid species, including the *P. acerifolia* (Aiton) Willd., *P. cuneata* Willd., *P. digitata* Gord., *P. hispanica* Münchh. and others.

Results and discussion

P. occidentalis also known simply as “sycamore”, ..., *Ficus sycómorus* L., which is ... and even the *Acer pseudoplatanus* L....

...*Platanus orientalis* along with...

Fig. 1: *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd (photo by Ivan Dzurenko)

...*P. occidentalis* is notably affected by the fungus *Gloeosporium nervisequum* (Fuckel) Sacc....

...*Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association...

Table. Structure of the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association

...*Eu-Piceetum* is formed in an ecotone area ...

... both *Platanus occidentalis* and *P. acerifolia* grew...

... phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 and *Robinietaea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 classes are formed...

Conclusions

... Among these species is *P. acerifolia*.

..., phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* class is...

14. Після списку літературних джерел надається інформація про кожного автора **англійською мовою:**

- Перший рядок – **Surname, Name [in Ukrainian: Прізвище Ім'я]** ¹[\[i\]](#), посада, науковий ступінь та вчене звання (за наявності), e-mail.
- Наступний рядок – обов'язкове зазначення *ORCID* автора (профіль повинен бути заповнений та відкритий для перегляду громадськості).
- Наступний рядок – зазначення *ResearcherID* автора (за наявності), зазначення *Scopus–AuthorID* автора (за наявності).
- Наступний рядок – зазначення організації, в якій працює автор.
- Наступний рядок – обов'язкове зазначення повної адреси організації, у якій працює автор, з указанням індексу та країни.

15. У кінці сторінки вказується дата її надсилання у редакцію журналу

До статті додається список 2-3 потенційних рецензентів (кандидатів наук та/або докторів наук, які здійснюють дослідження за спеціальністю, що відповідає тематиці поданого для публікації матеріалу, і є авторами (співавторами) загальною кількістю не менше

трьох публікацій у наукових виданнях, включених до категорії «А» та/або категорії «Б» Переліку наукових фахових видань України, та/або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus за відповідною спеціальністю, оприлюднених упродовж останніх п'яти років) із зазначенням їх місця роботи, наукових інтересів, ORCID та Google Scholar, e-mail.

Подання матеріалів, публікація та доступ до опублікованих статей безкоштовно.

Текст статті і додаткові матеріали надсилати електронною поштою на адресу lukash2011@ukr.net або [bht.journal.nuchc@gmail](mailto:bht.journal.nuchc@gmail.com) (у листі вказати прізвище автора).

РЕДАКЦІЯ ЖУРНАЛУ НЕ НЕСЕ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ЗМІСТ СТАТЕЙ ТА МОЖЕ НЕ ПОДІЛЯТИ ДУМКУ АВТОРА!

Апеляції та оскарження

У разі незгоди з редакційним рішенням автори мають право подати апеляцію. Для цього необхідно надіслати письмове обґрунтування головному редактору. Апеляція буде розглянута редакційною колегією, і рішення за результатами розгляду є остаточним.

Виправлення та відкликання статей

Якщо в опублікованій статті виявлено суттєві помилки або порушення етики, журнал може:

- **Опублікувати виправлення** (erratum) у разі незначних помилок, які не впливають на основні результати.
- **Відкликати статтю** у випадку серйозних порушень, таких як плагіат або фальсифікація даних.

Процедура відкликання передбачає публікацію відповідного повідомлення та позначення статті як відкликаної у всіх версіях.

Стандарти звітності про дослідження

Автори повинні дотримуватися міжнародно визнаних стандартів звітності, таких як CONSORT ([Consolidated Standards of Reporting Trials](#)) для рандомізованих досліджень, PRISMA ([Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses](#)) для систематичних оглядів та інших, залежно від типу дослідження. Це забезпечить прозорість та відтворюваність результатів.

[i] ¹ Вказати внесок відповідного (1 – першого, 2 – другого тощо) автора у публікацію, обравши з переліку: 1) study design, 2) data collection, 3) statistical analysis, 4) manuscript preparation, 5) funds collection.

SCIENTIFIC EDITION



BHT : Biota. Human. Technology / Національний університет
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка; гол. ред.
О.В. Лукаш. 2025. №2. 137 с.

Designer – N. Tkachuk

Photo of the title page – created by WordClouds.com

Editing – O. Lukash, I. Kurmakova, O. Syza, H. Tkaczenko, N. Tkachuk, O. Klimova

Administrator of site – N. Tkachuk

Designer cover – N. Tkachuk

Passed for printing
30.06.2025 Format A4

Editorial and Publishing Department of T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013,
Ukraine

Phone: +38(046)265-1799

nuchk.tipograf@gmail.com