

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ШЕВЧЕНКІВСЬКА ВЕСНА



ДОСЯГНЕННЯ В НАУКАХ ПРО ЖИТТЯ ADVANCEMENTS IN LIFE SCIENCES

Електронний збірник тез
XXII Міжнародної наукової конференції
студентів та молодих вчених

Київ, 23–25 квітня 2025 року

УДК 57:61:502/504(082)

ШЗ7

*Рекомендовано до друку
вченою радою ННЦ "Інститут біології та медицини"
(протокол № 11 від 15 квітня 2025 року)*

Редакційна колегія:

Лукашов Д. В., д-р біол. наук, проф., директор ННЦ "Інститут біології та медицини";

Шевченко О. В., канд. біол. наук, доц., заст. директора ННЦ "Інститут біології та медицини";

Тесьолкіна Т. С., д-р філос. з екології, голова ради молодих вчених ННЦ "Інститут біології та медицини".

Адреса редакційної колегії: Навчально-науковий центр "Інститут біології та медицини" (кімн. 321), просп. Академіка Глушкова 2, м. Київ, 03022; тел.: +38(044)521-3207, e-mail: conf.shv.als@gmail.com

Шевченківська весна: досягнення в науках про життя /
ШЗ7 **Advancements in life sciences : електрон. зб. тез XXII Міжнар.**
наук. конф. студ. та мол. вчених (м. Київ, 23–25 квітня 2025 р.)
– Київ : ВПЦ "Київський університет", 2025. – 476 с.

ISBN 978-966-933-330-8

Збірник тез XXII Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених "Шевченківська весна: досягнення в науках про життя / Advancements in life sciences", що відбулася 23–25 квітня 2025 р., містить результати наукової роботи студентів, аспірантів і молодих вчених України та світу.

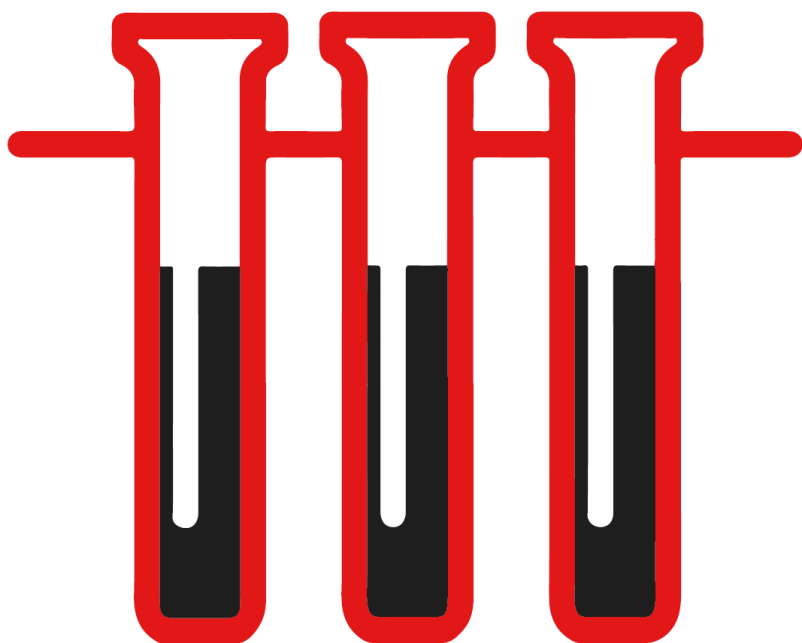
Для наукових працівників, аспірантів, студентів, що працюють у галузі біології, медицини та екології.

*За достовірність викладених наукових даних і якість тексту
відповідальність несуть автори*

УДК 57:61:502/504(082)

© Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ISBN 978-966-933-330-8 ВПЦ "Київський університет", 2025

БІОМЕДИЦИНА,
ФУНДАМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА
ТА ЛАБОРАТОРНА ДІАГНОСТИКА



BIOMEDICINE, BASIC MEDICINE
AND LABORATORY DIAGNOSTICS

Арнаут К., Подпалова О.
e-mail: katearnaut0212@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ГОРМОНАЛЬНИЙ МОДУЛЯТОР: ЯК ТЕСТОСТЕРОН ВПЛИВАЄ НА МОЗОК ТА АГРЕСИВНУ ПОВЕДІНКУ

Arnaut K., Podpalova O. Hormonal modulator: how testosterone affects the brain and aggressive behaviour

Aggressive behaviour is formed under the influence of a complex of factors, among which testosterone plays a significant role. This hormone acts not as a trigger, but as a modulator of reactive aggression, enhancing the responses of brain structures to provocative stimuli. The relationship between testosterone levels and aggression is weak and unstable within the physiological norm. More pronounced effects are observed when supraphysiological doses of steroids are used, but psychological factors play an important role in these cases as well. Thus, the effect of testosterone on aggression is indirect, multifactorial, and context-dependent.

Агресивна поведінка є багатокomпонентним явищем, на яке впливають як спадкові чинники, так і соціальне середовище та гормональні механізми. Одним із найретельніше досліджених гормонів, що пов'язують з агресією, є тестостерон. Цей стероїдний гормон синтезується переважно в яєчках у чоловіків, а також у менших кількостях – у яєчниках жінок і корі наднирників у представників обох статей. Він необхідний не лише для формування та функціонування чоловічої репродуктивної системи й розвитку вторинних статевих ознак (напр., збільшення м'язової маси, оволосіння тіла, зміна тембру голосу), а й для регуляції ряду когнітивних процесів, емоційного стану та поведінкових реакцій.

Концентрації тестостерону швидко коливаються у відповідь на конкурентну та агресивну взаємодію, що свідчить про те, що зміни тестостерону, а не вихідні відмінності, формують поточну та/або майбутню конкурентну й агресивну поведінку. Хоча нещодавні експерименти на тваринних моделях надають переконливу емпіричну підтримку цієї ідеї, дослідження на людях зосереджені в основному на тому, як конкурентні

взаємодії викликають зміни в концентрації тестостерону, а не на тому, як ці зміни впливають на подальшу поведінку [2].

Численні дослідження вказують на зв'язок між підвищеним рівнем тестостерону та вищою схильністю до агресивної поведінки як у людей (напр., серед ув'язнених чи спортсменів), так і у тварин. Однак цей зв'язок не є простим причинно-наслідковим. Взаємодія між тестостероном та агресією є двонапрямленою: рівень гормону може впливати на поведінку, але й сама поведінка або її результат (напр., перемога чи поразка у змаганні) може змінювати рівень тестостерону [3, 4].

Наукові дані свідчать, що тестостерон не стільки ініціює агресію "з нуля", скільки діє як модулятор, посилюючи реакції на певні стимули. Наприклад, він не підвищує базову активність мигдалини (центру обробки емоцій у мозку), але може посилювати її відповідь та фізіологічні реакції (як-от серцебиття) при сприйнятті загрози чи провокації. Отже, тестостерон не обов'язково робить людей егоїстичнішими, але може посилювати реактивну агресію, тобто схильність до помсти у відповідь на сприйняту несправедливість – певний соціальний стимул вже викликає реакцію, а гормон може збільшити інтенсивність.

Соціальні обставини, риси характеру (напр., імпульсивність чи пошук гострих відчуттів) і когнітивні процеси (як-от інтерпретація чужих намірів) також відіграють ключову роль. Тестостерон є лише одним із багатьох факторів, що впливають на агресивність, і сам по собі не є надійним провісником насильства. Виховання, соціалізація, психічний стан та інші гормони (напр., кортизол та окситоцин) також мають значний вплив. Прикладом складності цього взаємозв'язку є практика "хімічної кастрації" для сексуальних злочинців. Хоча зниження тестостерону може зменшити сексуальну напругу, воно часто не приводить до зниження рецидивів, особливо якщо злочини були мотивовані переважно агресією чи прагненням домінувати, а не лише сексуальним потягом. Це свідчить про те, що в таких випадках психологічні та соціальні чинники можуть відігравати важливішу роль, ніж рівень гормонів [4].

Таким чином, тестостерон безумовно пов'язаний з агресивною поведінкою, але його дія є складною, багатогранною і сильно

залежить від різноманітних індивідуальних та ситуативних факторів (рис. 1).



Рис. 1. Ключові аспекти взаємозв'язку тестостерону та агресії

Британський ендокринолог Джон Арчер у своєму огляді зазначає: "зв'язок між рівнем тестостерону та агресією у дорослих дуже слабкий і нестабільний, і у добровольців при прийомі тестостерону він не збільшується". Це свідчить про те, що коливання рівня тестостерону в межах фізіологічної норми мають обмежений або нестійкий зв'язок з проявами агресії у людей [1].

Ситуація кардинально змінюється із застосуванням супрафізіологічних доз андрогенів, як у випадку зловживання анаболічно-андрогенними стероїдами (ААС) деякими спортсменами чи бодібілдерами. У цій специфічній популяції дійсно спостерігається підвищений ризик агресивної поведінки. Однак інтерпретація цього зв'язку ускладнена кількома факторами:

1) особи, схильні до вживання ААС, можуть мати преморбідні риси, що передбачають схильність до агресії;

2) агресія може бути не прямим ефектом тестостерону, а вторинним наслідком психопатологічних станів (напр., тривоги, параної), індукованих високими дозами ААС.

Із нейроендокринологічної точки зору вплив гормонів, зокрема тестостерону, на агресивну поведінку реалізується через їхню взаємодію з ключовими структурами мозку, що утворюють складну нейронну мережу регуляції емоцій та поведінки. Центральну роль у цій мережі відіграє мигдалеподібне тіло (амигдала). Тестостерон, маючи рецептори в амигдалі, не стільки

підвищує її загальну активність, скільки модулює її реактивність на специфічні стимули. Він може знижувати поріг активації амігдали у відповідь на провокаційні або загрозливі сигнали, посилюючи таким чином емоційну та фізіологічну відповідь (напр., реакцію "бий або біжи"). Однак амігдала не функціонує ізольовано. Її діяльність тісно пов'язана з іншими мозковими центрами, насамперед з префронтальною корою (ПФК). ПФК виконує функції вищого контролю: оцінювання ситуації, прийняття рішень, прогнозування наслідків та гальмування імпульсивних, зокрема агресивних, реакцій. Існують дані, що тестостерон може впливати на баланс між амігдалою та ПФК, потенційно послаблюючи гальмівний вплив ПФК на емоційні центри. Це може призводити до того, що індивід стає більш схильним діяти імпульсивно й агресивно, оскільки "гальма" з боку ПФК стають менш ефективними.

Також важливу роль відіграє гіпоталамус, який регулює вегетативні реакції та вивільнення інших гормонів (напр., стресових гормонів через гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникову вісь), що супроводжують агресивну поведінку. Тестостерон може впливати і на активність гіпоталамуса, модулюючи ці фізіологічні відповіді. Крім того, дія тестостерону може опосередковуватися через його вплив на нейротрансмітерні системи мозку, такі як серотонінергічна та дофамінергічна.

Отже, нейроендокринний механізм впливу тестостерону на агресію полягає не в прямому запуску агресивної поведінки, а в модуляції активності та взаємодії ключових мозкових структур (амігдали, ПФК, гіпоталамуса), що робить нейронну мережу більш чутливою до провокуючих стимулів та менш здатною до гальмування імпульсивних реакцій за певних умов. Цей гормональний вплив завжди взаємодіє з індивідуальними особливостями мозку, досвідом та соціальним контекстом.

Список використаних джерел

1. Archer J. The influence of testosterone on human aggression. *British Journal of Psychology*. 1991. Т. 82, № 1. С. 1–28. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1991.tb02379.x>
2. Carré J. M., McCormick C. M., Hariri A. R. The social neuroendocrinology of human aggression. *Psychoneuroendocrinology*. 2011. Vol. 36, N. 7. P. 935–944. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.02.001>

3. Carré J. M., Olmstead N. A. Social neuroendocrinology of human aggression: Examining the role of competition-induced testosterone dynamics. *Neuroscience*. 2015. Vol. 286. P. 171–186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.11.029>

4. Is testosterone linked to human aggression? A meta-analytic examination of the relationship between baseline, dynamic, and manipulated testosterone on human aggression / S. N. Geniole et al. *Hormones and Behavior*. 2020. Vol. 123. P. 104644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2019.104644>

Бевза Є., Гнилокурєнко Г.

e-mail: youruglyalien@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КАЛЬПРОТЕКТИН ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЗАПАЛЬНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ КИШЕЧНИКА

Bevza Ye., Gnyloskurenko G. Calprotectin and its significance for the diagnostic of inflammatory bowel diseases

Calprotectin is a calcium- and zinc-binding protein abundantly expressed in neutrophils and other myeloid cells. Its level in feces is a standard in the diagnosis of inflammatory bowel diseases, celiac disease, NSAID-induced enteropathy and infectious inflammation in GI tract. The presented clinical case demonstrates the importance of dynamic determination of fecal calprotectin in the diagnosis of inflammatory processes in the intestine, in particular those induced by food intolerance.

Кальпротектин (MRP8/14) є білком з сімейства S100, що складається із субодиниць S100A8 та S100A9. Кожен мономер характеризується своєю здатністю зв'язуватися з 2 іонами Ca з різною спорідненістю та іншими двовалентними катіонами, такими як Zn, Mn, Fe і Ni [3]. Мієлоїдний білок-8 (MRP8) вважається активною субодиницею, у той час як мієлоїдний білок-14 (MRP14) запобігає ранній деградації MRP8.

Кальпротектин становить значну частину білка нейтрофілів, моноцитів та макрофагів і бере участь в імунній регуляції, запаленні та інших процесах. Внутрішньоклітинно він регулює

імунну відповідь через взаємодію з металопротеїназами та сигнальними шляхами вродженого імунітету, впливаючи на адгезію лейкоцитів та запальні процеси. Позаклітинно проявляє антимікробні властивості, хелатуючи іони цинку та марганцю, та сприяє хемотаксису нейтрофілів.

Таким чином, концентрація кальпротектину в просвіті безпосередньо пов'язана з міграцією гранулоцитів до слизової оболонки, саме тому визначення його рівня вважається золотим стандартом у діагностиці запальних захворювань шлунково-кишкового тракту (ШКТ) і диференціації органічних та неорганічних захворювань [1].

Існує кореляція між рівнем кальпротектину та віком пацієнта: у перші 3 місяці середній рівень фекального кальпротектину (ФК) дорівнює 375,2 мкг/г, тоді як у віці 1–18 місяців він знижується до 174,3 мкг/г; у групі дітей 1–4 років – 83,2 мкг/г [4]. Не рекомендовано брати зразок для дослідження з підгузка, оскільки внаслідок поглинання вологи концентрація ФК може зростати до 30 %, що дасть хибно позитивний результат [5].

Ендоскопія є золотим стандартом діагностики запальних захворювань кишечника (ЗЗК), таких як хвороба Крона та виразковий коліт, проте ендоскопічні процедури неприємні, а часом і болючі, трудомісткі та дорогі. Через ці недоліки ендоскопічних досліджень виникла потреба в наявності чутливих, швидких, надійних, економічно ефективних і неінвазивних біомаркерів для відображення запалення слизової оболонки. Серед біомаркерів, які були запропоновані, фекальний кальпротектин отримав більшу прихильність порівняно з іншими, а поточні клінічні рекомендації визнають дослідження ФК як частину діагностичного обстеження хвороби Крона та виразкового коліту [2].

Окрім цього, підвищені рівні ФК спостерігаються при гастроентериті, мікроскопічному коліті, поліпах, злоякісних новоутвореннях і кістозному фіброзі [4]. Дослідження кальпротектину в калі є показовими при захворюваннях інфекційного генезу, зокрема при бактеріальній та вірусній діарейі, а також при целиакії в активній фазі. При ювенільному поліпозі рівень ФК може бути високим, але зазвичай нижчим, ніж при активному ЗЗК. Ентеропатія, що виникла на фоні тривалого

застосування нестероїдних протизапальних препаратів (НПЗП), також дає позитивний результат при визначення ФК.

Клінічний випадок. Хлопець 18 років на момент звернення у 2024 р. скаржиться на періодичний біль у животі та постійне здуття протягом двох років. З анамнезу: дитина від другої вагітності та других пологів. Відставання у рості та розвитку відсутні. На першому році життя мав atopічний дерматит та періодичні ГРВІ. З дитинства пацієнт відмічав погану засвоюваність молочних продуктів, тому обмежував їх вживання. З проведених лабораторних досліджень калу на момент звернення виявлені нейтральний жир, перетравлена клітковина та позаклітинні зерна крохмалю, аналіз на гелікобактеріоз дав негативний результат, а вміст фекального кальпротектину на межі норми – 54,6 мкг/г. Також була проведена ліпідограма крові, яка виявила підвищену концентрацію ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ). Під час повторного звернення в 2025 р. було проведено додаткові обстеження для виключення діагнозу "целиакія", що дали негативний результат. Порівняно з минулорічними аналізами значно зріс рівень ФК – 259,09 мкг/г, що вказує на запальний процес у ШКТ. Додатково було проведено FOX-тест. Food Xplorer (FOX) – мультикомпонентний тест на визначення наявності IgG-опосередкованої харчової непереносимості або гіперчутливості до всіх ключових алергенів, що спричиняють реакції III типу. Відповідно до результатів у пацієнта виявлений високий титр антитіл IgG до молочних продуктів та яєць, що дало підстави попередньо поставити діагноз: Проктоколіт, індукований білками коров'ячого молока. Рівень ФК не відповідає критеріям хвороби Крона та неспецифічного виразкового коліту, проте ці діагнози не виключаються як можливі. Пацієнту рекомендовано дотримання дієти, яка виключає білки коров'ячого молока, та контроль концентрації ФК через 2 місяці. У разі відсутності змін – проведення колоноскопії зі взяттям біопсії з метою виключення хвороби Крона або неспецифічного виразкового коліту.

Отже, фекальний кальпротектин є цінним неінвазивним біомаркером у диференційній діагностиці органічних та функціональних захворювань шлунково-кишкового тракту. Описаний клінічний випадок вказує на важливість моніторингу

ФК та його використання в комплексі з іншими методами для виявлення причин запальних процесів у кишечнику та визначення подальшого лікування.

Список використаних джерел

1. Fecal calprotectin in the pediatric population: a 2020 update / F. CISARÒ et al. *Minerva Pediatrica*. 2021. Vol. 72, N 6. DOI: <https://doi.org/10.23736/s0026-4946.20.06002-8>

2. Calprotectin: from biomarker to biological function / A. Jukic et al. *Gut*. 2021. Vol. 70, N 10. P. 1978–1988. DOI: <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2021-324855>

3. Fecal calprotectin for the diagnosis and management of inflammatory bowel diseases / N. Kapel et al. *Clinical and Translational Gastroenterology*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.14309/ctg.0000000000000617>

4. The usefulness of fecal calprotectin testing in pediatric gastroenterology clinical practice / E. Lężyk-Ciemniak et al. *Medical Principles and Practice*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1159/000512631>

5. From bench to bedside: Fecal calprotectin in inflammatory bowel diseases clinical setting / M. G. Mumolo et al. *World Journal of Gastroenterology*. 2018. Vol. 24, N 33. P. 3681–3694. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v24.i33.3681>

Золотаревська В.

e-mail: victoriazolotarevska@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АКНЕ: ВИДИ, ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ТА МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ

Zolotarevska V. Acne: Types, Causes and Treatment Methods

The study examines the clinical features, causes, and current treatments for acne, emphasizing its prevalence among youth and associated psychological effects. It highlights the biological mechanisms, including hormonal and microbial factors, and evaluates topical and systemic therapies.

Однією з найбільш поширених дерматологічних хвороб, що вражає до 85 % підлітків та молоді, є акне [4]. За останні 30 років поширеність цього захворювання серед молоді зросла на 14 %, з

найвищими показниками в Європі та серед жінок [12]. Акне не лише спричиняє фізичний дискомфорт, але й може призводити до зниження самооцінювання, особливо у підлітковому віці, коли формуються основи образу себе.

Акне – хронічне дерматологічне захворювання. Типові висипи при акне вражають пілосебоційні фолікули, тому ураження шкіри зазвичай зосереджуються на ділянках з підвищеною активністю сальних залоз – обличчя, верхня частина спини та грудна клітка. Ключовими патогенетичними механізмами виникнення є гіперпродукція себуму, порушення процесу фізіологічного лущення епітелію, колонізація шкіри *Cutibacterium acnes* і розвиток запалення [3, 7]. Гіперпродукція себуму є результатом гіперандрогенії або підвищеної чутливості сальних залоз до нормального рівня андрогенів [10]. Підвищене вироблення андрогенів може бути спричинене вродженою гіперплазією надниркових залоз, синдромом полікістозних яєчників і пухлинами надниркових залоз або яєчників [5, 9]. Порушення процесу фізіологічного лущення епітелію є наслідком гіперпроліферації кератиноцитів [3]. Захворювання може супроводжуватися формуванням рубців, які залишаються на шкірі навіть після завершення запального процесу [1].

Акне класифікується на легкі, помірні та важкі форми залежно від типу і кількості висипів [7]. Найпоширенішими елементами є комедони (відкриті та закриті), папули (менше 1 см у діаметрі) та пустули (з гноєм). У важких формах акне можуть з'являтися нодули та кісти – запальні, болючі елементи розміром понад 5 мм [6].

Лікування акне може бути системним та місцевим. Вибір терапії ґрунтується на тяжкості захворювання, перевагах пацієнта та переносимості препаратів [5].

Для лікування легких форм акне зазвичай використовують місцеві засоби, такі як ретиноїди, бензоїл пероксид, класкотерон, азелаїнову та саліцилову кислоти [3]. Топічні ретиноїди застосовуються як самостійні засоби у випадку запального акне або у комплексній терапії при більш важких формах захворювання, або для підтримки ремісії. Вони запобігають утворенню комедонів, зменшують їх кількість і нормалізують процес злущування епітелію, мають протизапальні властивості

[3]. Ретиноїди можуть викликати побічні ефекти: печіння, сухість, еритема, лущення та фоточутливість, для запобігання яких застосовують сонцезахисні, пом'якшувальні засоби або зменшують частоту застосування препарату [11].

Бензоїл пероксид має комедолітичні, протизапальні та бактерицидні властивості, зокрема проти *C. acnes* [7]. Його використовують окремо та в поєднанні з місцевими антибіотиками чи ретиноїдами, однак є дані, що ретиноїди (за винятком адапалену) є нестабільними в поєднанні з бензоїл пероксидом [3, 7]. Серед побічних ефектів – сухість, печіння, еритема, лущення та гіперчутливість [7].

Азелаїнова кислота 20 % є альтернативним засобом, завдяки комедолітичним, антибактеріальним та протизапальним властивостям, використовується окремо та в комбінації (кліндаміцин, пероксид бензоїлу або α -гідрокси кислоти), через високу концентрацію може спричиняти печіння та поколювання [3, 7].

Саліцилова кислота має комедолітичну дію і незначну протизапальну активність, проте наукові дослідження не підтверджують її ефективність у лікуванні акне [3, 7, 11].

Для лікування запального акне легкого та помірного ступеня використовують місцеві протизапальні засоби та антибіотики [3]. Місцеві антибіотики (еритроміцин, кліндаміцин, міноциклін і дапсон) мають антибактеріальну та протизапальну дію і застосовуються з бензоїл пероксидом, оскільки монотерапія може призвести до розвитку резистентності до антибіотиків [11], застосування має бути обмежено 12 тижнями [7]. Одночасне застосування бензоїл пероксиду з дапсоном або сульфаметамідом може викликати помаранчево-коричневе забарвлення шкіри, тому ці препарати рекомендують застосовувати в різний час доби [11].

Системне пероральне лікування призначається при стійкому до місцевої терапії акне, наявності вузликів, значних запальних уражень або якщо акне залишає рубці. Найчастіше використовують ізотретиноїн, пероральні антибіотики та гормональні засоби [3]. Ізотретиноїн, похідне вітаміну А, пригнічує функцію сальних залоз, що знижує вироблення шкірного сала та зменшує розмноження *C. acnes*, нормалізує зроговіння кератиноцитів, має протизапальні властивості та є

найефективнішим для лікування важких форм акне, а також для лікування легких і помірних форм, що не піддаються місцевій терапії або спричиняють рубці [7, 11]. Однак він має серйозні побічні ефекти (ксероз шкіри та хейліт), для зменшення яких рекомендовано застосовувати омега-3 жирні кислоти [8]. Капсули ізотретиноїну, містять соєву олію, тому не рекомендуються пацієнтам з алергією на арахіс та сою [8], а також вагітність є абсолютним протипоказанням [7, 8]. Лабораторний моніторинг під час лікування має включати аналізи функцій печінки та ліпідної панелі [11]. Тривалість лікування становить від 16 до 24 тижнів [3].

Для лікування помірного та важкого ступеня акне застосовують системні антибіотики тетрациклінового ряду (доксидиклін, міноциклін, сарєциклін), винятки – вагітні або пацієнтки, що годують [11]. За наявності протипоказань до тетрациклінів призначають пероральний еритроміцин і азитроміцин [2]. Проте у зв'язку з глобальними проблемами антибіотичної резистентності міжнародні рекомендації обмежують використання антибіотиків і радять застосовувати альтернативні методи лікування [2].

Комбіновані оральні контрацептиви, що містять естроген і прогестин, мають антианδροгенні властивості і рекомендуються для лікування акне у жінок старше 15 років [7, 11]. Однак їх застосування може бути пов'язане з серйозними побічними ефектами, зокрема венозною тромбоемболією, інфарктом міокарда, інсультом, а також розвитком раку молочної залози та шийки матки [11].

Також дослідження показали, що акне може бути асоційоване з депресією. Зниження рівня BDNF (нейротрофічного фактора мозку) може сприяти розвитку депресивних симптомів, а соціальні фактори можуть посилювати цей ефект. Однак причинно-наслідкового зв'язку між акне і депресією не виявлено [5]. Деякі дослідження також вказують на поліпшення симптомів депресії у пацієнтів, які отримували лікування ізотретиноїном [7].

Отже, для лікування легких і помірних форм акне, локалізованих на обличчі, доцільно застосовувати місцеве лікування з використанням бензоїлу пероксиду з адапаленом або

азелаїноювю кислотою. У випадку важких і помірних форм, з локалізацією на спині, рекомендовано застосовувати ізотретиноїн, з одночасним прийомом омега-3 для зменшення побічних ефектів. Комбіновані оральні контрацептиви доцільно використовувати за наявності супутніх причин, а не як самостійний метод терапії.

Список використаних джерел

1. Chilicka K., Rusztowicz M., Szyguła R., Nowicka D. Methods for the improvement of acne scars used in dermatology and cosmetology: a review. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 11, № 10. P. 2744. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm11102744>
2. Dessinioti C., Katsambas A. Antibiotics and antimicrobial resistance in acne: epidemiological trends and clinical practice considerations. *Yale Journal of Biology and Medicine*. 2022. Vol. 95, № 4. P. 429–443. PMID: 36568833. PMCID: PMC9765333. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9765333/>
3. Treatment modalities for acne / L. Fox, C. Csongradi, M. Aucamp et al. *Molecules*. 2016. Vol. 21, № 8. P. 1063. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21081063>
4. Hazarika N. Acne vulgaris: new evidence in pathogenesis and future modalities of treatment. *Journal of Dermatological Treatment*. 2019. Vol. 32, № 3. P. 277–285. DOI: <https://doi.org/10.1080/09546634.2019.1654075>
5. He H., Tian J., Deng Yq. et al. Association of brain-derived neurotrophic factor levels and depressive symptoms in young adults with acne vulgaris. *BMC Psychiatry*. 2019. Vol. 19. P. 193. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2182-8>
6. Heng A.H.S., Chew F.T. Systematic review of the epidemiology of acne vulgaris. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. P. 5754. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62715-3>
7. Oge' L.K., Broussard A., Marshall M.D. Acne vulgaris: diagnosis and treatment. *American Family Physician*. 2019. Vol. 100, № 8. P. 475–484. PMID: 31613567.
8. Rajput I., Anjankar V.P. Side effects of treating acne vulgaris with isotretinoin: a systematic review. *Cureus*. 2024. Vol. 16, № 3. P. e55946. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.55946> PMID: 38601403. PMCID: PMC11004850.
9. Sutaria A.H., Masood S., Saleh H.M. et al. Acne vulgaris. [Updated 2023 Aug 17]. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459173/>

10. Tanghetti E.A. The role of inflammation in the pathology of acne. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*. 2013 Sep. Vol. 6, № 9. P. 27–35. PMID: 24062871. PMCID: PMC3780801.

11. Zaenglein A.L., Pathy A.L., Schlosser B.J. et al. Guidelines of care for the management of acne vulgaris. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2016. Vol. 74, № 5. P. 945–973.e33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2015.12.037>. PMID: 26897386. (Erratum in: *J Am Acad Dermatol*. 2020. Vol. 82(6). P. 1576. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.02.010>)

12. Zhou Zhu, Zhong X., Luo Z., Liu M., Zhang H., Zheng H., Li J. Global, regional and national burdens of acne vulgaris in adolescents and young adults aged 10–24 years from 1990 to 2021: a trend analysis. *British Journal of Dermatology*. 2025. Vol. 192, № 2. P. 228–237. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjd/ljae352>

Зубко А., Подпалова О.

e-mail: anastasia_zubko@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ТЕРАТОГЕННИЙ ПОТЕНЦІАЛ ІЗОТРЕТИНОЇНУ: СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕМБРІОТОКСИЧНИХ РИЗИКІВ ТА РЕПРОДУКТИВНИХ НАСЛІДКІВ

Zubko A., Podpalova O. Teratogenic potential of isotretinoin: a systematic analysis of embryotoxic risks and reproductive outcomes

The study examines the teratogenic mechanisms of isotretinoin exposure during pregnancy, focusing on its molecular action through retinoic acid receptors and the disruption of embryonic development. Based on recent meta-analytical data and regulatory guidelines, the research highlights the critical importance of preventive pregnancy programs (e.g., iPLEDGE) and the global recommendations to avoid conception during and after isotretinoin therapy.

Роаккутан (ізотретиноїн) – є потужним пероральним препаратом, похідним вітаміну А, що застосовується для лікування тяжких форм акне, резистентних до інших методів терапії. Його ефективність зумовлена здатністю знижувати продукцію шкірного сала, нормалізувати креатинізацію,

пригнічувати запалення та зменшувати кількість бактерій *Cutibacterium acnes* (раніше *Propionibacterium acnes*) [8].

Ізотретиноїн – один із найпотужніших тератогенів серед лікарських засобів. Його застосування під час вагітності пов'язане з високим ризиком вроджених вад розвитку, навіть при короткочасному впливі на ранніх термінах. Тому його застосування вимагає суворого контролю над запобіганням вагітності під час лікування та протягом певного часу після його завершення [9].

Ізотретиноїн, похідний вітаміну А, впливає на клітинну диференціацію та морфогенез ембріона через активацію ядерних рецепторів ретиноєвої кислоти [10]. Ізотретиноїн перетворюється в організмі на активні метаболіти – третиноїн та 9-цис-ретиноєву кислоту, які: зв'язуються з RAR (Retinoic Acid Receptors) та RXR (Retinoid X Receptors), утворюють димери, що активують транскрипцію генів через RARE (retinoic acid response elements). Ці сигнальні шляхи є критично важливими для розвитку головного мозку, серця та краніоцефальних структур ембріона [6]. Надмірні концентрації ретиноєвої кислоти порушують нормальні градієнти її концентрації, що, відповідно, порушує нормальну експресію морфогенних генів, зокрема: *HOX* (осьова організація тіла), *Sonic Hedgehog* (*SHH*) (нейруляція, кінцівки), *Fibroblast Growth Factor* (*FGF*). Це призводить до ектопічної або пригніченої експресії, порушуючи формування тканин [7]. Ретиноєва кислота індукує апоптоз нейральних клітин, особливо в ділянках, які формують мозок і череп, що спричиняє: мікроцефалію, аномалії мозкових структур, деформації обличчя [4]. Клітини нейрального гребеня – джерело формування: обличчя, дуг аорти, периферичної нервової системи. Ізотретиноїн блокує нормальну міграцію та диференціацію цих клітин, що пояснює краніофасціальні вади та вроджені вади серця [5]. Найбільший ризик – 3–5 тижнів ембріонального розвитку, коли закладаються основні органи. Навіть одноразове застосування у цей період може спричинити тяжкі аномалії [3].

У рамках систематичного огляду та метааналізу відповідно до PRISMA-протоколу, що передбачає ретроспективні когортні та обсерваційні дослідження, було проаналізовано наслідки

2783 вагітностей у жінок, які зазнали впливу ізотретиноїну під час гестації [12].

Основні результати: 1) вроджені вади розвитку – 15 %; 2) викидні – 20 %; 3) мертвонародження – 1 %; 4) передчасні пологи – 5 %; 5) об'єднане відношення шансів (OR) – 3,76 (95 % ДІ: 2,19–6,47) для ізотретиноїну порівняно з контрольними групами; 6) після 2006 року (тобто після введення суворіших програм контролю) ризик вроджених вад знизився, і OR вже не був статистично значущим: OR = 1,04 (95 % ДІ: 0,32–3,41). У ряді випадків, коли препарат був припинений на ранньому етапі, народжувались здорові діти, але це не гарантує безпеку. Навіть короточасний вплив у ранньому гестаційному періоді має високий ембріотоксичний потенціал [1-2, 11].

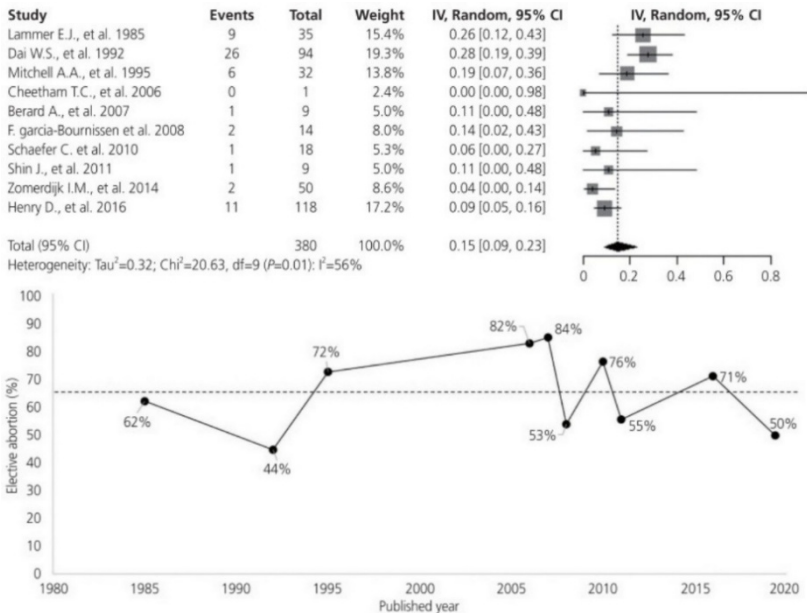


Рис. 1. Мета-аналіз зв'язку між експозицією ізотретиноїну та великими вродженими вадами розвитку (розподіл досліджень за роками) [12]

У країнах ЄС та США діють обов'язкові програми (напр., iPLEDGE). Ця програма вимагає від пацієнток, які можуть

завагітніти, дотримання таких заходів: 1) підтвердження двох негативних тестів на вагітність перед початком терапії. Перший тест проводиться під час консультації з лікарем, другий – під час перших 5 днів менструального циклу безпосередньо перед початком лікування; 2) використання двох ефективних методів контрацепції одночасно принаймні за місяць до початку лікування, протягом усього періоду терапії та протягом місяця після її завершення; 3) щомісячне проходження тестів на вагітність під час лікування та один тест через місяць після завершення терапії; 4) реєстрація пацієнтки, лікаря та аптеки в системі iPLEDGE для контролю дотримання вимог програми [12].

Отже, ізотретиноїн має підтверджений тератогенний ефект, тому його використання у жінок дітородного віку повинно супроводжуватися суворим контролем за контрацепцією та інформуванням пацієнток. Навіть короткий період експозиції в ранні терміни вагітності несе значний ризик.

Список використаних джерел

1. Pregnancy outcomes following maternal exposure to statins: A systematic review and meta-analysis / B. Karadas et al. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/bcp.15423>
2. The rates of major malformations after gestational exposure to isotretinoin: a systematic review and meta-analysis / E. J. Choi et al. *Obstetrics & Gynecology Science*. 2021. Vol. 64, N 4. P. 364–373. DOI: <https://doi.org/10.5468/ogs.20373>
3. Retinoic Acid Embryopathy / E. J. Lammer et al. *New England Journal of Medicine*. 1985. Vol. 313, N 14. P. 837–841. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejm198510033131401>
4. A paradoxical teratogenic mechanism for retinoic acid / L. M. Y. Lee et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 109, N 34. P. 13668–13673. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1200872109>
5. Niederreither K., Dollé P. Retinoic acid in development: towards an integrated view. *Nature Reviews Genetics*. 2008. Vol. 9, N 7. P. 541–553. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg2340>
6. Rhinn M., Dolle P. Retinoic acid signalling during development. *Development*. 2012. Vol. 139, N 5. P. 843–858. DOI: <https://doi.org/10.1242/dev.065938>

7. Retinoic acid regulates programmed cell death and endochondral ossification during limb development / T. Theil et al. *Development*. 2002. Vol. 129, № 20. P. 4775–4784.

8. Ganceviciene R., Zouboulis C. C. Isotretinoin: state of the art treatment for acne vulgaris. *JDDG: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2010. Vol. 8. P. S47–S59. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2009.07238.x>

9. Charakida A., Mouser P., Chu A. Safety and side effects of the acne drug, oral isotretinoin. *Expert Opinion on Drug Safety*. 2004. Vol. 3, N 2. P. 119–129. DOI: <https://doi.org/10.1517/14740338.3.2.119>

10. Teratogenic effect of isotretinoin in both fertile females and males (Review) / C.-C. Draghici et al. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2021. Vol. 21, N 5. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2021.9966>

Карплюк А.

e-mail: karplyukangelina21@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МЕЛАНОМА ШКІРИ: ДІАГНОСТИКА, ЛІКУВАННЯ, ПРОФІЛАКТИКА

Карплюк А. Skin melanoma: diagnosis, treatment, prevention

The prevalence of melanoma is increasing rapidly, outpacing that of most other oncological pathologies, making it one of the most aggressive and dangerous malignancies. Its pathogenesis is closely linked to the effects of UV radiation and genetic mutations. Its heterogeneity requires a personalised approach to diagnosis and treatment. A comprehensive strategy combining prevention, early detection and innovative treatment is the key to effective control of this dangerous oncopathology.

Однією з найбільш агресивних і небезпечних злоякісних пухлин, поширеність якої стрімко зростає, випереджаючи темпи поширення більшості інших онкологічних патологій є меланома. Її розвиток зумовлений взаємодією генетичних чинників із впливом навколишнього середовища, причому у 60–70 % випадків ключовим етіологічним фактором виступає вплив ультрафіолетове випромінювання.

Меланома виникає з меланоцитів – клітин, що відповідають за вироблення пігменту меланіну. Захворювання характеризується

високим метастатичним потенціалом і здатністю до гематогенного та лімфогенного поширення, що зумовлює особливу його небезпеку. Рання діагностика та правильне лікування є ключовими аспектами для успішної боротьби з раком шкіри [1].

Провідну роль у патогенезі меланом відіграє ультрафіолетове (УФ) випромінювання. Як UVA-, так і UVB- випромінювання спричиняють пошкодження ДНК у клітинах шкіри. UVB-випромінювання викликає утворення фотопродуктів ДНК, таких як циклобутанпіримідинові димери (CPD), що призводять до характерних мутацій, зокрема типу C→T у послідовностях дипіримідину, які виникають через дезамінування цитозину в CPD. UVB-випромінювання більшою мірою пов'язане з утворенням меланоми, UVA-випромінювання також може брати участь у цьому процесі, спричиняючи утворення специфічних CPD у послідовностях TT, а також окисне пошкодження гуаніну. Наявність множинних невусів додатково підвищує ризик мутагенезу внаслідок спричиненого УФ-випромінюванням [5, 6].

Виділяють 4 основні види меланом (поверхнева меланома, вузлова меланома, лентигінозна меланома, акральна меланома), кожна з яких має свої морфологічні та клінічні особливості, що визначають варіанти діагностики і терапії [2, 3, 7, 11].

Ключовим чинником успішного лікування раку шкіри є рання діагностика [14]. Оцінювання пігментних новоутворень здійснюється за допомогою дерматоскопії з використанням критерію системи "ABCDE" (Asymmetry, Border, Color, Diameter, Evolution) [8]. У випадках підозри на меланому проводиться біопсія з подальшими гістологічним та молекулярно-генетичним дослідженнями. Клінічно меланома шкіри часто має вигляд пігментованої пухлини (вузлика) чорного або синюватого кольору, розміром 0,5–3,0 см, округлої чи овальної форми з нерівними ("рваними") краями. Іноді зустрічаються ахроматичні (безпігментні) меланоми рожевого кольору. На пізніх стадіях прогресування меланоми на поверхні новоутворення нерідко формуються ерозивні дефекти та виразки, що супроводжуються кровоточивістю, гіперкератозом і десквамацією.

Тактика лікування залежить від стадії, локалізації та наявності метастазів. На ранніх етапах основним методом залишається хірургічна резекція, що дає сприятливі результати. У випадках метастазування застосовують системну терапію – імунну та таргетну терапії, які показали високу ефективність і меншу токсичність порівняно з хіміотерапією [13].

Імунотерапія спрямована на посилення природної спроможності імунної системи боротися з раковими клітинами. Найчастіше при імунотерапії застосовують інгібітори контрольних точок, що блокують специфічні білки на поверхні Т-лімфоцитів, які в нормальних умовах пригнічують імунну відповідь. Їх блокування дозволяє Т-лімфоцитам активніше атакувати та знищувати перероджені клітини. У терапії меланоми використовують блокатори молекули PD-1: пембролізумаб (Keytruda) і ніволумаб, ефективність яких доведена численними клінічними дослідженнями, у тому числі і при метастазуючій меланомі. Другою групою препаратів є блокатори CTLA-4 молекули, дія якої схожа з PD-1, вона також дозволяє пухлинним клітинам уникати імунної відповіді організму. Основний препарат у групі блокаторів CTLA-4 іпілііумаб (Yervoy, поки не зареєстрований в Україні), речовина, що також довела свою ефективність в клінічних дослідженнях [10].

У імунотерапії меланоми також застосовують синтетичні цитокіни, аналоги природних білків, що відіграють важливу роль у регулюванні імунної відповіді. Вони посилюють активність імунних клітин та стимулюють їхню проліферацію [4].

Приблизно у 50 % пацієнтів з меланомою виявляється мутація гена BRAF, що відповідає за вироблення одного з білків-месенджерів сигнального шляху MAPK, який контролює поділ та зростання клітин. Така мутація веде до неконтрольованого поділу клітин та розвитку ракової пухлини. Таргетні препарати блокують функцію білка-месенджера, що призводить до переривання шляху MAPK та уповільнення поділу клітин. Основною перевагою таргетної терапії є селективний вплив на ракові клітини, при якому здорові тканини організму не страждають [9].

Для зниження ризику розвитку раку шкіри рекомендовано уникати надмірного впливу сонячного випромінювання, особливо в полуденні години (з 10:00 до 15:00), використовувати креми з SPF ≥ 30 , а в умовах підвищеної інсоляції – SPF50+, із широким спектром захисту як від UVA-, так і від UVB-променів, носити одяг, що захищає від сонця та уникати відвідування соляріїв [12].

Таким чином, меланома є надзвичайно агресивною злоякісною пухлиною, патогенез якої зумовлений впливом УФ-випромінювання, яке викликає генетичні мутації в клітинах шкіри. Гетерогенність меланом вимагає індивідуального підходу до діагностики та лікування. Рання верифікація діагнозу за допомогою сучасних інструментальних і молекулярних методів, а також впровадження імунотерапії і таргетної терапії, значно підвищують виживаність і якість життя пацієнтів. Удосконалення підходів та комплексна стратегія, що поєднує профілактику, раннє виявлення та інноваційне лікування, є запорукою ефективного контролю над цією небезпечною онкопатологією.

Список використаних джерел

1. Ahmed B., Qadir M. I., Ghafoor S. Malignant Melanoma: Skin Cancer-Diagnosis, Prevention, and Treatment. *Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression*. 2020. Vol. 30, No. 4. P. 291–297. DOI: <https://doi.org/10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2020028454>
2. Bunnell A. M., Nedrud S. M., Fernandes R. P. Classification and Staging of Melanoma in the Head and Neck. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. 2022. Vol. 34, No. 2. P. 221–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coms.2021.12.001>
3. Carvalho L. A. D., Aguiar F. C., Smalley K. S.M., Possik P.A. Acral melanoma: new insights into the immune and genomic landscape. *Neoplasia (New York, N.Y.)*. 2023. Vol. 46. P. 100947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neo.2023.100947>
4. Cuevas L. M., Daud A. I. Immunotherapy for melanoma. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. 2018. Vol. 37, No. 2. P. 127–131. DOI: <https://doi.org/10.12788/j.sder.2018.028>
5. Jin S. G., Padron F., Pfeifer G. P. UVA Radiation, DNA Damage, and Melanoma. *ACS Omega*. 2022. Vol. 7, No. 37. P. 32936–32948. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c04424>

6. Khan A. Q., Travers J. B., Kemp M. G. Roles of UVA radiation and DNA damage responses in melanoma pathogenesis. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2018. Vol. 59, No. 5. P. 438–460. DOI: <https://doi.org/10.1002/em.22176>
7. King R. Lentiginous melanoma. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 2011. Vol. 135, No. 3. P. 337–341. DOI: <https://doi.org/10.5858/2009-0538-RA.1>
8. Marghoob N. G., Liopyris K., Jaimes N. Dermoscopy: A Review of the Structures That Facilitate Melanoma Detection. *The Journal of the American Osteopathic Association*. 2019. Vol. 119, No. 6. P. 80–390. DOI: <https://doi.org/10.7556/jaoa.2019.067>
9. Namikawa K., Yamazaki N. Targeted Therapy and Immunotherapy for Melanoma in Japan. *Current Treatment Options in Oncology*. 2019. Vol. 20, No. 1. P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11864-019-0607-8>
10. Olson D.J., Eroglu Z., Brockstein B. et al. Pembrolizumab Plus Ipilimumab Following Anti-PD-1/L1 Failure in Melanoma. *Journal of Clinical Oncology*. 2021. Vol. 39, No. 24. P. 2647–2655. DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.21.00079>
11. Robsahm T.E., Helsing P., Svendsen H.L., Veierød M.B. Clinical Suspicion Sensitivity of Nodular and Superficial Spreading Melanoma. *Acta Dermato-Venereologica*. 2021. Vol. 101, No. 4. P. adv00427. DOI: <https://doi.org/10.2340/00015555-3782>
12. Scherschun L., Lim H.W. Photoprotection by sunscreens. *American Journal of Clinical Dermatology*. 2001. Vol. 2, No. 3. P. 131–134. DOI: <https://doi.org/10.2165/00128071-200102030-00001>
13. Shajari N., Baradaran B., Tohidkia M.R. et al. Advancements in Melanoma Therapies: From Surgery to Immunotherapy. *Current Treatment Options in Oncology*. 2024. Vol. 25, No. 8. P. 1073–1088. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11864-024-01239-8>
14. Shreberk-Hassidim R., Ostrowski S.M., Fisher D.E. The Complex Interplay between Nevi and Melanoma: Risk Factors and Precursors. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, No. 4. P. 3541. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24043541>

Кімак К.

e-mail: kettykimak456@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КРИТЕРІЇ ПРИЙНЯТНОСТІ БІОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Kimak K. The criteria of biologicals ampleacceptability in laboratory diagnostics

The accuracy of laboratory test results depends on the quality of biological material. This work examines key preanalytical factors affecting the acceptability of biosamples like blood, urine, and cerebrospinal fluid. Criteria include correct labeling, proper transportation, timing of sample processing, volume adequacy, and absence of hemolysis or contamination. It emphasizes the importance of standardizing preanalytical processes and the impact of protocol deviations.

Якість лабораторних досліджень значною мірою залежить від правильного відбору, зберігання та транспортування біологічного матеріалу. Невідповідність зразка встановленим критеріям може призвести до хибних результатів, повторного забору та помилок у діагностиці, що особливо критично в умовах сучасної медицини, коли зростає потреба в точній діагностиці для персоналізованої терапії. Наприклад, за даними ВООЗ (2023), до 70 % діагностичних помилок пов'язані з преаналітичними порушеннями.

Метою роботи є систематизація основних критеріїв прийнятності біологічного матеріалу для лабораторної діагностики з урахуванням сучасних вимог до преаналітичного етапу та клінічної значущості результатів.

Основними критеріями прийнятності біологічного матеріалу є: відповідність типу зразка дослідженню, наявність етикетки з повними даними пацієнта, дотримання температурного режиму транспортування, відсутність домішок (гемолізу, хілєзу, згустків) та своєчасна доставка зразка до лабораторії [1, 2]. Наприклад, гемоліз у зразках крові може призвести до хибнопозитивних або хибнонегативних результатів при

біохімічному аналізі, зокрема підвищення рівня лактатдегідрогенази або калію. Сеча, що зберігалася без консервантів або за неправильних температурних умов, втрачає стабільність фізико-хімічних властивостей, що впливає на результати загального аналізу [3].

Для різних типів біоматеріалу критерії прийнятності варіюються (табл. 1). Наприклад, цереброспінальна рідина потребує стерильності та негайного аналізу, адже затримка може спричинити мікробне забруднення.

Таблиця 1. Критеріїв прийнятності
для різних типів зразків біологічного матеріалу

Тип біоматеріалу	Критерії прийнятності	Часті причини непридатності
Кров (венозна)	Відсутність гемолізу, достатній об'єм, правильна пробірка	Гемоліз, неправильна пробірка
Сеча	Чистий контейнер, доставка протягом 2 год	Забруднення, прострочена доставка
Цереброспінальна рідина	Стерильність, негайне дослідження	Затримка доставки, мікробне забруднення

У лабораторній практиці також важливо звертати увагу на час від моменту забору до проведення аналізу. Затримка більше ніж на 2 год для більшості аналізів крові може спричинити деградацію клітинних елементів або зміни концентрацій деяких метаболітів. З цієї причини зразки повинні бути або одразу оброблені, або збережені при відповідній температурі [2].

Отже, стандартизація преаналітичного етапу є ключовою для забезпечення точності лабораторних досліджень. Дотримання критеріїв прийнятності біоматеріалу зменшує ризик діагностичних помилок, економить витратні матеріали та підвищує якість лабораторно-дослідних послуг.

Список використаних джерел

1. Зоріна Т.Л. Основи клінічної лабораторної діагностики. Київ : Медицина, 2020. 416 с.

2. CLSI GP44-A4: Procedures for the Handling and Processing of BloodSpecimens. ClinicalandLaboratoryStandardsInstitute, 2021.

3. Lippi G., Plebani M. Preanalyticalphase – a continuous challenge for laboratory professionals. *ClinChemLabMed*. 2009. Vol. 47(6). pp. 611–621.

Ковальська В., Решетник Є., Кізім А.

e-mail: victoria.kovalska@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВРОДЖЕНИЙ СИНДРОМ ПОДОВЖЕННЯ ІНТЕРВАЛУ QT ЯК КЛІНІЧНИЙ МАРКЕР АРИТМІЙ ТА РАПТОВОЇ СМЕРТІ У ДІТЕЙ

Kovalska V., Reshetnik Y., Kizim A. Congenital QT prolongation as a clinical marker of arrhythmias and sudden cardiac death in children

Long QT syndrome (LQTS) is a life-threatening condition that can cause arrhythmias and sudden cardiac arrest due to genetic mutations in ion channels. Symptoms include dizziness, tachycardia, and a risk of sudden death. The diagnosis is based on an electrocardiogram and genetic tests. Treatment includes beta-blockers, channel blockers, and lifestyle changes. Prevention involves avoiding drugs that prolong the QT interval and controlling stress.

Вроджений синдром подовженого інтервалу QT (LQTS) – генетично детермінована хвороба іонних каналів, що характеризується подовженням QT і виникненням поліморфної шлуночкової тахікардії, відомої як torsades de pointes (TdP), яка може призвести до синкопе і раптової серцевої смерті (РСС) [3].

Синдром LQT залишається однією з найпоширеніших спадкових аритмій і є основною причиною раптової серцевої смерті. Поширеність LQTS становить близько 1 на 2000–2500 живонароджених. Стрімкий розвиток генетичних технологій за останні два десятиліття значно покращив розуміння молекулярно-генетичних механізмів LQT. Дослідження показали, що діти з коригованим інтервалом QT понад 500 мс мають підвищений ризик розвитку небезпечних для життя аритмій та РСС [2].

Метою дослідження є оцінювання патофізіології подовження інтервалу QT у дітей, визначення клінічних наслідків подовження QT як фактора ризику розвитку аритмій і РСС за такими методами діагностики, як ЕКГ, медико-генетичне тестування і рекомендації щодо клінічного ведення та профілактичних стратегій для дітей групи ризику.

У роботі застосовано системний аналіз наукових публікацій, що стосуються досліджуваної проблеми.

Інтервал QT є часом, необхідним для завершення повного електричного циклу у шлуночках, що відповідає фазам деполяризації та реполяризації серцевого потенціалу дії. Подовження інтервалу QT може підтримуватися зменшенням реполяризуючого вихідного калієвого струму або збільшенням деполяризуючих вхідних натрієвого або кальцієвого струмів. Значне подовження останньої частини шлуночкового потенціалу дії може викликати ранню постдеполяризацію, коли вона досягає порогового значення для подальшого швидкого вхідного натрієвого струму, це може призвести до тригера, який може перерости у швидкі поліморфні шлуночкові аритмії (такі як *torsades des pointes* і фібриляція шлуночків) [2]. На сьогодні *KCNQ1* (*LQT1*), *KCNH2* (*LQT2*) і *SCN5A* (*LQT3*) є найпоширенішими генами LQTS, на які припадає приблизно 90 % усіх випадків розвитку захворювання [1].

У деяких людей, які страждають на LQTS, можуть бути відсутні будь-які симптоми. Це називається "мовчазний" LQTS. У решті обстежуваних виявляються симптоми аритмії. Ці симптоми можуть виникати при фізичному, емоційному стресі або під час сну. Симптоми прояву типів LQTS часто починаються в дитинстві. Симптоми LQTS можуть включати: втрату свідомості, тріпотіння у грудях, шумне дихання під час сну, судоми. Приблизно в 1 з 10 людей, які мають LQTS, стається зупинка серця і раптова смерть. Деякі типи LQTS супроводжуються несерцевими симптомами, такі як глухота, м'язова слабкість, аномалії будови обличчя, пальців рук, ніг і хребта, а також проблемами з поведінковими реакціями, навчанням і пам'яттю [6].

Важливими клінічними ознаками для діагностики синдрому подовженого інтервалу QT (LQTS) є особистий та сімейний анамнез, у якому реєструвалися непритомності, аноксичні напади або, рідше, прискорене серцебиття. Діагностичні тести включають ЕКГ, 24-годинне холтерівське моніторування і тест з фізичним навантаженням. Іноді для диференціації LQTS від інших синдромів аритмії використовують провокаційні медикаментозні проби [4].

Бета-блокатори є основними препаратами, що застосовуються при LQTS. Дослідження, проведене на пацієнтах з LQTS1 і LQTS2, показало, що не всі бета-блокатори однаково ефективні. Одним із можливих пояснень є те, що іонні канали виявляють різний ступінь фармакологічної відповіді на терапію бета-блокаторами. Крім того, точний характер генетичної мутації в генах іонних каналів може бути визначальним фактором ефективності терапії бета-блокаторами для LQTS [5].

Ще одним перспективним методом лікування є використання CRISPR/Cas9 – точного інструменту редагування геному, який може виправляти мутації. Цілеспрямовано впливаючи на певні послідовності ДНК, CRISPR може виправляти мутації в отриманих від пацієнтів індукованих плюрипотентних стовбурових клітинах завдяки моделюванню захворювання та випробовуванню ліків, забезпечуючи більш чітке розуміння механізмів захворювання.

Також існує генна інгібіторна терапія, що передбачає зниження експресії аберантних генів зазвичай за допомогою РНК-інтерференції (RNAi). Цей метод може бути використаний для зниження рівня мутантних білків у специфічний для послідовності спосіб, перетворюючи домінантно-негативні ефекти на гаплонедостатність.

Пацієнтам з LQTS слід уникати прийому ліків, що подовжують інтервал QT, підтримувати електролітний баланс і контролювати стрес, щоб запобігти аритмії. Заняття спортом безпечні лише для безсимптомних пацієнтів, які перебувають на лікуванні, з такими запобіжними заходами, як доступ до АЗД та поповнення електролітів. Регулярний моніторинг з перевіркою

ЕКГ є важливим для постійного ведення пацієнтів, особливо для тих, хто має важкі симптоми [4].

Отже, синдром подовженого інтервалу QT (LQTS) – це небезпечний для життя стан, спричинений генетичними мутаціями, які впливають на іонні канали, що призводить до аритмії та раптової зупинки серця. Симптоми включають запаморочення і тахікардію. Діагноз ставиться на основі ЕКГ, генетичного аналізу та сімейного анамнезу. Лікування включає бета-блокатори, блокатори каналів та зміну способу життя. Рання діагностика та спеціалізоване лікування покращують прогноз для пацієнтів з LQTS.

Список використаних джерел

1. Asatryan B., Rieder M., Castiglione A., Odening K.E. Arrhythmic risk during pregnancy and postpartum in patients with long QT syndrome. *Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie*. 2021. Vol. 32, № 2. P. 180–185. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00399-021-00757-4>
2. Balestra E., Bobbo M., Cittar M. et al. Congenital Long QT Syndrome in Children and Adolescents: A General Overview. *Children*. 2024. Vol. 11, № 5. P. 582. DOI: <https://doi.org/10.3390/children11050582>
3. Shimojo M., Inden Y., Yanagisawa S. et al. Exploring epicardial arrhythmogenic substrates in long QT syndrome type III overlapping with J-wave syndrome. *HeartRhythm Case Reports*. 2024. Vol. 11, № 3. P. 256–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrcr.2024.12.006>
4. Wallace E., Howard L., Liu M. et al. Long QT Syndrome: Genetics and Future Perspective. *Pediatric Cardiology*. 2019. Vol. 40, № 7. P. 1419–1430. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02151-x>
5. Yu Y., Deschenes I., Zhao M.-T. Precision medicine for long QT syndrome: patient-specific iPSCs take the lead. *Expert Reviews in Molecular Medicine*. 2023. Vol. 25. P. e5. DOI: <https://doi.org/10.1017/erm.2022.43>
6. Arrhythmias: Long QT Syndrome. *Національний інститут серця, легенів і крові США (NHLBI)*. URL: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/long-qt-syndrome> (дата звернення: 09.04.2025).

Колотуша В., Хоперія В.
e-mail: kolotusha380@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ P16 ТА KI-67 У СТАДІЙОВАННІ НЕОПЛАЗІЙ ШИЙКИ МАТКИ

Kolotusha V., Khoperiya V. Approach to P16 and Ki-67 in the Cervical Intraepithelial Neoplasia staging

The study examines the value of performing and scoring IHC, which is critical in differentiating between the degree of malignancy of the lesion to select the appropriate and most effective treatment. This differentiation is carried out using IHC, the result of which directly depends on the degree of malignancy of the lesion.

Рак шийки матки є другою за поширеністю злоякісною пухлиною у жінок, яка виникає внаслідок цервікальної інтраепітеліальної неоплазії (CIN) [1]. Точний скринінг і діагностика стають все більш необхідними для раннього виявлення та профілактики передракових станів. Інфекція вірусу папіломи людини (ВПЛ) є основною причиною виникнення цервікальної неоплазії [2]. Сучасна профілактика передбачає виявлення генотипів ВПЛ високого ризику та передракових уражень з подальшим лікуванням, яке може включати моніторинг, повторні скринінги, кольпоскопію та можливе лікування [3, 4]. Залежно від ступеня ураження епітелію CIN класифікується на CIN1, CIN2 і CIN3. Високозлоякісні ураження (HSIL-CIN2-3) потребують біопсії та видалення для запобігання прогресуванню, тоді як лікування LSIL/CIN1 зосереджується на підтримуючому лікуванні та моніторингу [5–7]. Для покращення диференціації між CIN1 та CIN2/3 використовують ІГХ-маркери P16 та Ki-67. Гіперпродукція P16 асоціюється з ВПЛ, але деякі нормальні елементи тканини шийки матки також експресують P16 [5]. Антитіло Ki-67 виявляє білки, які експресуються при проліферації клітин [3]. Таким чином, експресія Ki-67 і забарвлення P16 рекомендовані для виявлення передракових станів і раку шийки матки з високим ризиком [8].

Метою роботи є визначення різниці в рівні експресії P16 і Ki-67 для диференціації між CIN 1 і CIN2/3.

Забарвлені за допомогою H&E та ІГХ гістологічні препарати біопсійних зразків були класифіковані відповідно до критеріїв, викладених у проєкті LAST.

Кожна з трьох груп, на які були розподілені випадки, містила по 10 випадків CIN1, CIN2 і CIN3, відповідно. Середній вік у групі CIN1 становив $32,7 \pm 9,2$ року, CIN2- $36,1 \pm 6,7$ та CIN3- $40,1 \pm 6,4$ року. Жінки не мали в анамнезі вагітності, попередніх інвазивних втручань або онкологічних захворювань. Група CIN1: 30 %, 50 % і 20 % показали сильну і дифузну блочно-позитивну, вогнищеву або місцево-позитивну і негативну експресію p16 відповідно. Експресія Ki-67 в 1/3, 2/3 і 3/3 товщі епітелію була позитивною ядерною реакцією 70 %, 20 % і 10 %, відповідно. Група CIN2: 80 %, 20 % і 0 % показали сильну і дифузну блочно-позитивну вогнищеву, нечітку позитивну і негативну експресію p16 відповідно. Експресія Ki-67 у 1/3, 2/3 і 3/3 товщини епітелію становила 50 %, 40 % і 10 % позитивної ядерної реакції. Група CIN3: 90 %, 10 % і 0 % показали сильну і дифузну блочно-позитивну, вогнищеву або нечітку позитивну і негативну експресію p16 відповідно. Експресія Ki-67 в 1/3, 2/3 і 3/3 товщини епітелію була 10 %, 0 % і 90 % позитивною ядерною реакцією (рис. 1).

Важливими інструментами для оцінювання диспластичних уражень є p16 і Ki-67. Позитивне забарвлення p16 може вказувати на ризик агресивної поведінки, тоді як рівень Ki-67 відображає динаміку росту уражень. Підвищений Ki-67 свідчить про активний перебіг захворювання, що впливає на лікування та спостереження. Використання Ki-67 і p16 є ключовим для розрізнення диспластичних і недиспластичних уражень, що допомагає визначити клінічні стратегії моніторингу та лікування. Це веде до покращення результатів лікування, запобігаючи надмірному лікуванню у випадках низького ризику злоякісності, і оптимізує ведення пацієнтів з ураженнями шийки матки.

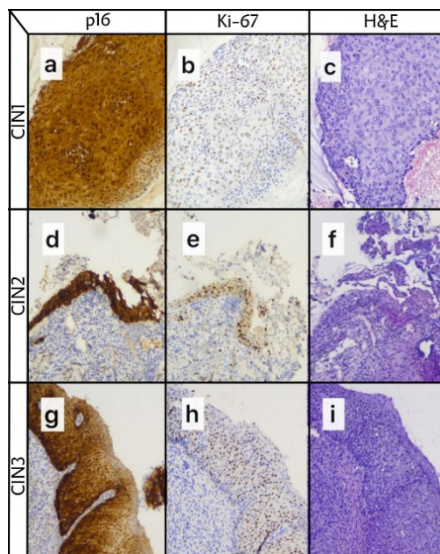


Рис. 1. Експресія білків Ki-67 та p16 у LSIL, HSIL. (a-b): ураження LSIL/CIN1 – (a) забарвлення p16, (b) забарвлення Ki-67, (c) забарвлення гематоксином та еозином (H&E); (d-f): ураження HSIL/CIN2 – (d) забарвлення p16, (e) забарвлення Ki-67, (f) забарвлення гематоксином та еозином (H&E); (g-i): ураження HSIL/CIN3 – (g) забарвлення p16, (h) забарвлення Ki-67, (i) забарвлення гематоксином та еозином (H&E)

Список використаних джерел

1. The Role of p16/ Ki-67 Immunostaining, hTERT Amplification and Fibronectin in Predicting Cervical Cancer Progression: A Systematic Review / S. T. Voidăzan et al. *Biology*. 2022. Vol. 11, N 7. P. 956. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11070956>
2. Raju K., Mehdi H., Sheela S. Association of P16, Ki-67, and CD44 expression in high-grade squamous intraepithelial neoplasia and squamous cell carcinoma of the cervix. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*. 2023. Vol. 19, N 8. P. 260. DOI: https://doi.org/10.4103/jcrt.jcrt_43_21
3. Enhancing Cervical Cancer Screening: Review of p16/Ki-67 Dual Staining as a Promising Triage Strategy / Y.-T. Ouh et al. *Diagnostics*. 2024. Vol. 14, N 4. P. 451. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14040451>
4. Okoturo E., Rabiou K. Meta-analysis on the Diagnostic Performance of p16/Ki-67 Dual Immunostaining for Cervical Cancer Screening. *Asian Pacific Journal of Cancer Biology*. 2023. Vol. 8, N 1. P. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.31557/apjcb.2023.8.1.91-99>

5. Investigation of the P16 and Ki67 Predictive Effect on the Progression of Cervical Intraepithelial Neoplasia Grade 1 in Shahid Motahari Hospital of Urmia, Iran / H. Ayatollahi et al. *Journal of Obstetrics, Gynecology and Cancer Research*. 2022. Vol. 7, N 3. P. 206–212. DOI: <https://doi.org/10.30699/jogcr.7.3.206>
6. Hosseini MS, Talayeh M, Afshar Moghaddam N, Arab M, Farzaneh F, Ashrafganjoei T. Comparison of Ki67 index and P16 expression in different grades of cervical squamous intraepithelial lesions. *Caspian J Intern Med*. 2023.14(1). P. 69–75.
7. Relationship between p16/ki67 immunoscores and PAX1/ZNF582 methylation status in precancerous and cancerous cervical lesions in high-risk HPV-positive women / H. Luo et al. *BMC Cancer*. 2024. Vol. 24, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12885-024-12920-4>
8. p16/Ki-67 dual staining as a predictive value for cervical cancer compared to other conventional triage tools: a descriptive literature review. *European Journal of Gynaecological Oncology*. 2024. Vol. 45, N 4. P. 1. DOI: <https://doi.org/10.22514/ejgo.2024.062>

Костенко К., Гнилоскуренко Г.

e-mail: ksenruzh@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ДИСФОРІЧНИЙ РЕФЛЕКС ВИКИДУ МОЛОКА. КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

**Kostenko K., Gnyloskurenko G. Dysphoric milk ejection reflex.
A clinical case**

The promotion of breastfeeding is very important for the health of children. However, women who breastfeed often encounter certain problems. associated with it. Quite rare, but difficult for a woman is D-MER – dysphoric milk ejection reflex, which affects the hormonal and emotional well-being of the mother.

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я та UNICEF, у всьому світі відсоток немовлят до 6 місяців, що перебувають виключно на грудному вигодовуванні, сягає 48 %. Це істотно вище ніж десятиріччя тому, що свідчить про більшу обізнаність матерів щодо ГВ. На основі опитувань, зібраних у

2016–2022 роках, 71 % жінок продовжують годувати свою дитину грудьми протягом принаймні одного року, до двох років рівень грудного вигодовування знижується до 45 % [3].

Досить часто жінки, які годують стикаються з проблемами при годуванні. До найпоширеніших проблем належать тріщини / поранення сосків, біль при вигодовуванні, неправильне прикладання, недостатність / надлишок вироблення молока, нагрубання грудей, яке іноді може призвести до таких проблем, як: блокування протоків, провокування маститу й абсцесу (рис. 1) [1].

Тип проблеми грудного вигодовування	0-7 днів	8-29 днів	1,0-5,9 місяців
	n = 72	n = 63	n = 89
Тріщини або поранення сосків	23(31.9)	23(36.5)	27(30.3)
Біль сосків при грудному вигодовуванні	22(30.6)	12(19.0)	9(10.1)
Недостатнє вироблення молока	14(19.4)	10(15.9)	10(11.2)
Нагрубання грудей	5(6.9)	11(17.5)	12(13.5)
Біль в операційній рані	4(5.6)	2(3.2)	1(1.1)
Складність прийняття правильного положення	1(1.4)	3(4.8)	1(1.1)
Хвороба дитини	0(0.0)	3(4.8)	21(23.6)
Хвороба матері	0(0.0)	1(1.6)	4(4.5)
Абсцес молочної залози	0(0.0)	0(0.0)	4(4.5)

Тип проблеми грудного вигодовування	0-7 днів	8-29 днів	1,0-5,9 місяців
	n = 72	n = 63	n = 89
Тріщини або поранення сосків	23(31.9)	23(36.5)	27(30.3)
Біль сосків при грудному вигодовуванні	22(30.6)	12(19.0)	9(10.1)
Недостатнє вироблення молока	14(19.4)	10(15.9)	10(11.2)
Нагрубання грудей	5(6.9)	11(17.5)	12(13.5)
Біль в операційній рані	4(5.6)	2(3.2)	1(1.1)
Складність прийняття правильного положення	1(1.4)	3(4.8)	1(1.1)
Хвороба дитини	0(0.0)	3(4.8)	21(23.6)
Хвороба матері	0(0.0)	1(1.6)	4(4.5)
Абсцес молочної залози	0(0.0)	0(0.0)	4(4.5)

Рис. 1. Проблеми з грудним вигодовуванням, з якими стикаються матері-годувальниці протягом перших 6-ти місяців

Становить інтерес більш рідкісна, але так само важлива проблема – дисфоричний рефлекс викиду молока (D-MER). Це стан, який виникає у жінок, що годують грудьми, перед або під час виділення молока і супроводжується різким відчуттям дисфорії – емоційного "падіння", яке варіюється від суму до ненависті до себе. Симптоми можуть проявлятися навіть просто

при прибутті молока до грудей, і ймовірно спричинене порушеннями в дофаміно-пролактиновій системі, тобто при виділенні молока може статися різке падіння дофаміну. Це призводить до дефіциту дофаміну у жінок, тобто порушення або утворення, або сприйняття гормону [4, 6].

Досліджень вкрай мало, але вони показують поширеність від 5,9 до 14 % і більше, і від 16,9 до 45 % жінок, які припинили грудне вигодовування через D-MER [2, 6].

Важливо зазначити, що матері, які пережили D-MER, мали вищий рівень депресії, тривоги та попередні психіатричні діагнози, порівняно з матерями без D-MER [2]. Цей рефлекс супроводжується погіршенням психічного здоров'я, труднощами зв'язку між матір'ю і дитиною та припиненням грудного вигодовування [2].

Клінічний випадок. Пацієнтка К., 43 років, звернулась із запитом коректного завершення грудного вигодовування свого тримісячного первістка. При зборі анамнезу виявилось, що в пологовому будинку у жінки спостерігались тріщини сосків, тому вона зціджувала молоко і годувала дитину з пляшечки. На консультації з грудного вигодовування жінці запропоновано прикласти дитину до грудей і обрати найбільш зручну позицію, для уникання больових відчуттів. При спробі прикладання в присутності спеціаліста з грудного вигодовування у жінки почалась панічна атака, у той час як фізичного болю чи дискомфорту не спостерігалось. У жінки виник тремор та озноб, на лобі з'явився холодний піт. Після приведення її до стану спокою була спроба прикладання до другої груді, і оскільки пацієнтка трохи більше розуміла свій стан, симптоми проявились з дещо меншою силою. У подальшій розмові з'ясувалось, що пацієнтка була на обліку у психіатра щодо тривожності, але у зв'язку з вагітністю і пологамі перестала вживати препарати. Після початку вживання препаратів, виписаних психіатром, симптоми D-MER значно зменшились і жінка з мінімальним дискомфортом продовжила повноцінне грудне вигодовування.

Висновок. D-MER рідкісна, але складна проблема для жінки, що годує. Це підкреслює важливість обізнаності медичних працівників щодо D-MER для забезпечення кращих результатів і більш позитивного досвіду грудного вигодовування.

Список використаних джерел

1. Babakazo, P., Bosonkie, M., Mafuta, E., Mvuama, N., & Mapatano, M. A. *Common breastfeeding problems experienced by lactating mothers during the first six months in Kinshasa*. 2020. Vol. 1, N 10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275477>
2. Cappenberg, R., Garcia, J. G., Liolios, I., Happle, C., & Zychlinsky Scharff, A.. Dysphoric Milk Ejection Reflex: Prevalence, persistence, and implications. *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology*. 2025. Vol.308, P.127–131. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2025.02.051>
3. Брошура "Global breastfeeding scorecard 2023" <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375796/WHO-HEP-NFS-23.17-eng.pdf?sequence=1>
4. Heise, A.M., Wiessinger, D. Dysphoric milk ejection reflex: A case report. *Int Breastfeed J.*, Vol. 6(6). P. 201. <https://doi.org/10.1186/1746-4358-6-6>
5. Žutić, M., Matijaš, M., & Nakić Radoš, S.. Dysphoric Milk Ejection Reflex: Measurement, Prevalence, Clinical Features, Maternal Mental Health, and Mother-Infant Bonding. *Breastfeeding medicine : the official journal of the Academy of Breastfeeding Medicine*. 2025 Vol. 20 N 2 P. 133–139. <https://doi.org/10.1089/bfm.2024.0172>

Кузнецова М., Кузнєцова І., Кузнєцов К.

e-mail: ma.kuznetsova@knmu.edu.ua

Харківський національний медичний університет

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ЛАЙМ-БОРЕЛІОЗУ СЕРЕД НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Kuznetsova M., Kuznetsova I., Kuznetsov K. Peculiarities of Lyme borreliosis spread among the population of Ukraine during the war

Lyme disease is a widespread infection among countries in the European region. In the judgment of many scientists, the main reason for its spread is a low awareness of the population about this disease.

The accelerated spread of borreliosis is maintained mostly by a lack of information among doctors about this disease and the impossibility of proper treatment during warfare.

Хвороба Лайма відома ще з XIX ст. як інфекційне зоонозне захворювання. Загальновідомим є той факт, що назва цього захворювання пов'язана з місцевістю, де проводили його дослідження, а саме, Олд-Лайм, штат Коннектикут [1]. Одним із

факторів, який сприяє підвищеному інтересу до вивчення цієї хвороби є той факт, що бореліоз має значну небезпеку, особливо для регіонів, де мешкає значна популяція кліщів, які своєю чергою є природним резервуаром збудника інфекції [1]. Серед факторів, які, на думку науковців, призводять до зростання інфікування бореліозом, є недостатня інформованість щодо цього питання як серед дорослого, так і дитячого населення України [1, 2]. Ще одним фактором, який робить цю проблему актуальною і у військовий час, є те, що під час бойових дій багато військових перебувають в окопах, бліндажах і доволі часто безпосередньо в природних, заселених кліщами, осередках хвороби. Водночас немає можливості провести самоогляд чи огляд одне одного, а також немає змоги провести гігієнічні процедури, що унеможлиблює проведення ефективних профілактичних процедур, а отже, сприяє недостатній діагностиці та лікуванню хвороби Лайма [1, 2]. Існує велика кількість досліджень, яка вказує на особливості поширення та розвитку хвороби Лайма до війни, і недостатня кількість даних щодо особливостей її поширення у військовий час.

Мета дослідження – визначити особливості поширення Лайм бореліозу серед населення України під час війни.

Для досягнення зазначеної мети було використано описовий метод дослідження. Було проаналізовано статті, опубліковані у вітчизняних і закордонних фахових медичних виданнях, які індексуються в базах SCOPUS, Web of Science.

За даними Центру громадського здоров'я, тільки за 8 місяців 2023 р. було зафіксовано 3437 випадків кліщового бореліозу. За даними статистики в Україні, спостерігається один із найвищих відсоток заражених бореліозом (діагностично підтверджений), особливо серед пацієнтів з яскраво вираженими симптомами хвороби Лайма. На жаль, війна негативно вплинула на ефективність діагностики та серологічного тестування. Це підтверджується доволі протилежними даними, коли лікарі, орієнтуючись на дані, отримані з анамнезу пацієнтів, діагностують іншу патологію, і лише одиниці думають про можливість Лайм-бореліозу [1, 3].

Крім того, цьому сприяє доволі тривалий інкубаційний період – аж до 45 днів, тому пацієнти не завжди можуть вказати, що їх

вкусив кліщ [1, 4]. До того ж, появу папули яскраво-червоного кольору та її подальшу трансформацію ігнорують до поки або не настає спонтанне одужання, або не з'являться симптоми більш важких уражень нервової системи (менінгіт, парез, параліч), що супроводжуються артралгіями або міальгіями, у подальшому ще приєднуються ознаки ураження серцево-судинної системи, а це вже свідчить про неспроможність організму елімінувати збудника [2]. У подальшому при недостатній реактивності організму можливий перехід захворювання у хронічну форму, яка характеризується наявністю артритів, нейробореліозу та атрофічного дерматиту [4]. Можливим фактором, який призводить до цього, є негативний вплив хронічного стресу, пов'язаного з війною, і пригніченням унаслідок цього імунної системи, що, у свою чергу, і призводить до подібних наслідків.

Крім того, постає ще така проблема, як недостатня кількість необхідних для проведення діагностики бореліозу наборів, які необхідні для підтвердження діагнозу методом Вестерн-блота [4]. Водночас не всі лікарі обізнані щодо можливості використання інших методів, наприклад скрінінгової кардіографії, яку можна використовувати для ранньої діагностики хвороби [3, 4].

Водночас варто зазначити, що деякі лікарі використовують для діагностики виключно результати серологічної діагностики, які можуть бути позитивними навіть без клінічно значущих маркерів захворювання, що вказує на недостатню клінічну значущість таких даних, оскільки спостерігається хибно позитивний результат.

Також не завжди на встановлення діагнозу може впливати наявність випадків укусів кліщів, оскільки тільки в 33 % випадків можливо встановити цей факт, а в інших пацієнтів таких даних немає, тому клініцистам варто звертати увагу на клінічну картину та якісно проводити збір даних анамнезу [2–4].

Отже, спираючись на дані проведеного огляду літературних джерел, можна зробити висновок, що проблема Лайм-бореліозу є доволі поширеною для населення України, проте на даний момент не достатньо даних, які б могли допомогти зрозуміти справжній масштаб поширення цієї хвороби.

Зауважимо, що особливого значення під час війни набуло питання недостатньої інформованості лікарів щодо діагностичних критеріїв і методик, які можуть бути використані для виявлення захворювання. Водночас є значна орієнтація лікарів тільки на наявність встановлених фактів укусу іксодовими кліщами, що призводить до недостатньої діагностики цієї хвороби та нерозуміння реальних масштабів проблеми.

Список використаних джерел

1. Колотило Т., Безбородова Т., Джуравець Я. Хвороба Лайма – актуальні погляди на бореліоз, поширеність захворювання в Україні та світі, сучасні методи лікування та профілактика. *Collection of Scientific Papers "SCIENTIA"*, Bern. 2023. С. 200–204. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1309>
2. Safety and immunogenicity of a novel multivalent OspA-based vaccine candidate against Lyme borreliosis: a randomised, phase 1 study in healthy adults / N. Bézay et al. *The Lancet Infectious Diseases*. 2023. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(23\)00210-4](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(23)00210-4)
3. Clinical spectrum of Lyme disease / J. A. Cardenas-de la Garza et al. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. 2018. Vol. 38, N 2. P. 201–208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-018-3417-1>
4. Global seroprevalence and sociodemographic characteristics of *Borrelia burgdorferi sensu lato* in human populations: a systematic review and meta-analysis / Y. Dong et al. *BMJ Global Health*. 2022. Vol. 7, N 6. P. e007744. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-007744>

Lytvynenko A., Blashkiv O., Sribna V.

e-mail: alina_lit@ukr.net

Bogomolets Institute of Physiology, NASU, Kyiv, Ukraine

INTESTINAL EPITHELIAL BARRIER AND PREMATURE OVARIAN FAILURE

Incidence of premature ovarian failure (POF) is higher with the increase of the pace of life [1]. Disruption of the intestinal barrier function has been associated with a number of diseases, both intestinal and systemic [3]. The relationship between disruption of the intestinal epithelial barrier and female reproductive disorders, such as

polycystic ovary syndrome, endometriosis, and POF, is under active investigation.

In the last decade, the use of metal nanoparticles, in particular silver (AgNPs), has become extremely widespread in medicine and pharmaceutical industries [2]. However, the effects of AgNPs on the reproductive system and intestinal epithelial barrier have not been sufficiently studied.

Sirtuins (SIRT) are nicotine-adenine dinucleotide(+)-dependent histone deacetylases that regulate important signaling pathways and participate in numerous biological processes [4]. The involvement of SIRT in the oxidative stress process is being actively studied. Today, studies of regulated cell death are relevant as one of the possible newest therapeutic strategies for the prevention of functional disorders of the intestine and premature ovarian failure.

The aim of the study is to evaluate changes in the intestinal epithelial barrier in experimental premature ovarian failure (ePOF) and the use of Resveratrol (SIRT1 activator) and silver nanoparticles (AgNPs), which has not been studied before.

Experiments were conducted using white laboratory mice of the Albino line. *Experimental premature ovarian failure* (ePOF, group № 2, 3, 4) was modeled by immunizing them (first-generation mice) with a suspension of kidney antigen obtained from the mother. Immunization was performed 4 times intraperitoneally once a day at the rate of 10 µl of suspension per 10 g of mouse weight according to the following scheme: on the 1st, 3rd, 5th and 26th day (four weeks later) from the beginning of the experiment.

Administration of substances. AgNPs (group № 3) was administered intravenously at a dose of 2.0 mg/kg once a day three times starting from the next day after the last immunization with kidney homogenate suspension.

AgNPs and RES (Sigma, USA) (group № 4) at a dose of 50.0 mg/kg was administered intraperitoneally once a day three times starting from the next day after the last immunization 1 hour after intravenous administration of AgNPs at a dose of 2 mg/kg.

Method of colored fluorescent dyes. Apoptotic and necrotic cell death of cells of the follicular environment of oocytes (FEO) and cells (enterocytes) of the ileum of the small intestine was assessed by

morphological characteristics using the in vivo method of two-color fluorescent nucleic acid dye Hoechst 33342 and propidium iodide. At least 400 cells were evaluated using a LUAMAM I-1 fluorescence microscope with a water-immersion objective x85.

Statistical analysis. For statistical processing of the results, the Graph Pad Prism software package version 10.3.0.(507) for Windows (Graph Pad Software, San Diego California, USA) was used.

Values of regulated cell death of cells of the follicular environment of oocytes under conditions of ePOF and administration of AgNPs and RES.

It was established that under conditions of ePOF the following changes in the viability values of cells of the follicular environment of oocytes occur: the number of live cells of the follicular environment of oocytes decreases to $47.50 \pm 1.87\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$) compared to $85.58 \pm 1.53\%$ in the control; the number of cells with morphological signs of apoptosis and necrosis increased to $35.25 \pm 1.51\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$) and $17.25 \pm 0.82\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$), compared to $9.17 \pm 0.98\%$ and $5.25 \pm 0.94\%$ in the control, respectively.

The introduction of AgNPs under the conditions of ePOF leads to the suppression of the viability of cells of the follicular environment of oocytes – the proportion of live cells decreases to $34.00 \pm 1.22\%$ ($p < 0.01$, $n = 6$) compared to $47.50 \pm 1.87\%$ in the same value in animals of the ePOF group, the proportion of cells with morphological signs of apoptosis increases to $41.25 \pm 1.44\%$ ($p < 0.01$, $n = 6$) compared to $35.25 \pm 1.51\%$, and the proportion of necrosis increases to $24.75 \pm 1.47\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$), compared to $17.25 \pm 0.82\%$ in the same value in animals of the ePOF group.

Under conditions of ePOF, the treatment with RES after AgNPs causes an increase in the number of living cells in the follicular environment of oocytes – the proportion of living cells increases to $52.42 \pm 1.43\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$) compared to $34.00 \pm 1.22\%$ in the ePOF and AgNPs injection group, and the proportion of cells with morphological signs of apoptosis and necrosis decreases to, respectively, $32.33 \pm 1.81\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$) and $15.25 \pm 1.92\%$ ($p < 0.05$, $n = 6$) compared to, respectively, $41.25 \pm 1.92\%$ and $24.75 \pm 1.47\%$ in the ePOF and AgNPs injection group.

The values of live, apoptotic and necrotic cells (enterocytes) of the ileum of the small intestine under conditions of ePOF and administration of AgNPs and RES.

It was established that under conditions of ePOF the following changes in the viability values of small intestine cells occur: the number of live cells decreased to $65.67 \pm 3.72 \%$ ($p < 0.01$, $n=6$), the number of apoptotic cells increased to $23.83 \pm 3.06 \%$ ($p < 0.01$, $n=6$), necrotic cells to $10.50 \pm 1.05 \%$ ($p < 0.05$, $n=6$), while in the control, respectively – live $84.4 \pm 1.98 \%$, apoptotic $9.17 \pm 1.17 \%$, necrotic $6.33 \pm 1.37 \%$.

The introduction of AgNPs under the conditions of ePOF did not have a (toxic) effect, no statistically significant changes in the number of live, necrotic and apoptotic cells were detected.

Under conditions of ePOF, the treatment with RES after AgNPs causes an increase in the size of living cells of the ileum of the small intestine to $79.50 \pm 3.27 \%$ ($p < 0.05$, $n=6$), a decrease in apoptotic cells to $13.67 \pm 1.63 \%$ ($p < 0.05$, $n=6$); no significant changes in the size of cells with signs of necrosis were found.

Under conditions of experimental premature ovarian failure, there is a suppression of epithelial (barrier) function, namely a decrease in the number of live cells (enterocytes) of the ileum of the small intestine, as well as an increase in the number of such cells with morphological signs of apoptosis and necrosis. The use of RES after AgNPs leads to an improvement of epithelial (barrier) function, namely an increase in the proportion of live cells (enterocytes) of the ileum of the small intestine, a decrease in apoptotic such cells.

Continuing the study of the epithelial barrier, establishing molecular mechanisms of changes in this barrier in remote organs (tissues) – such as the intestine-ovary axis – will help to better understand the pathogenesis of such diseases, in particular, inflammatory bowel diseases and premature ovarian failure.

References

1. Comparison of the different animal modeling and therapy methods of premature ovarian failure in animal model / F. Dai et al. *Stem Cell Research & Therapy*. 2023. Vol. 14, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13287-023-03333-4>

2. "Therapeutic Advancements in Nanomedicine: The Multifaceted Roles of Silver Nanoparticles" / K. K. Karunakar et al. *Biotechnology Notes*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotno.2024.05.002>

3. The epithelial barrier theory and its associated diseases / N. Sun et al. *Allergy*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/all.16318>

4. The sirtuin family in health and disease / Q.-J. Wu et al. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2022. Vol. 7, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01257-8>

Мельник С., Кізім А.

e-mail: stasmelnik26112003@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК НЕГОСПІТАЛЬНОЇ ДВОБІЧНОЇ ПОЛІСЕГМЕНТАРНОЇ ПНЕВМОНІЇ З ТЯЖКИМ ПЕРЕБІГОМ, УСКЛАДНЕНОЇ ДВОСТОРОННІМ ЕКСУДАТИВНИМ ПЛЕВРИТОМ ТА ЕМПІЄМОЮ

Melnik S., Kizim A. Clinical case of severe community-acquired bilateral multi-segmental pneumonia complicated with bilateral exudative pleuritis and left-sided empyema

This clinical case highlights the importance of timely diagnosis and treatment of severe community-acquired pneumonia in children, especially with complications such as bilateral exudative pleurisy and empyema. The patient, a 17-year-old drug-addicted adolescent, had a severe course of the disease on the background of immunodeficiency. Despite the initial ineffectiveness of treatment, a multidisciplinary approach with thoracoscopy, drainage and the appointment of etiotropic antibiotic therapy resulted in a gradual improvement in his condition.

Негоспітальна пневмонія залишається однією з найактуальніших проблем у сучасній педіатрії через високу поширеність, значну частоту ускладнень та ризик летальності. Ускладнення у вигляді плевриту та емпієми плеври значно погіршують клінічний перебіг хвороби, вимагаючи застосування інвазивних методів діагностики та терапії, таких

як плевральна пункція та дренування [1]. Своєчасна діагностика та ранній початок лікування пацієнтів з позалікарняною пневмонією сприяє запобіганню тяжким ускладненням та смертності дітей [2].

Клінічний випадок. Хворий М., віком 17 років, був госпіталізований в одну з дитячих клінічних лікарень м.Києва. Пацієнт з 15 років вживає наркотичні речовини (переважно метадон), зловживає алкоголем та марихуаною. За два дні до госпіталізації отримав передозування метадоном, скаржився на кровохаркання та болі по всьому тілу. Під час обстеження було виявлено ознаки інтерстиціального ураження легень з ексудатом у плевральній порожнині, що було підтверджено на УЗД та рентгенографії легень. На фоні вживання наркотичних речовин у пацієнта розвинувся вторинний імунodefіцит, який підтвердився лабораторно, зокрема важка Т-лімфопенія і гіпокомплементемія. Було проведено тестування на ВІЛ, гепатити. Результати негативні. Дослідження на Xpert MTB/Rif Ultra – МБТ(-). Пацієнту було виконано бронхо-альвеолярний лаваж та плевральну пункцію. За даними мікроскопії пацієнту поставили діагноз емпієма плеври, тому було встановлено плевральні дренажі та призначено антибіотикотерапію. Дренажі були встановлені в праву та ліву плевральні порожнини, з яких було отримано 250 мл та 200 мл жовтої мутної рідини відповідно. З плевральної рідини було висіяно *S. aureus*. Через кілька днів правий дренаж було знято, оскільки виділення з нього були мінімальні. На тлі призначеної антибіотикотерапії вираженого терапевтичного ефекту досягнуто не було. Динаміка хвороби – негативна.

Зважаючи на стан пацієнта, було прийняте рішення про переведення його в дитячу клінічну лікарню № 7 Печерського р-ну м. Києва у відділення торакальної хірургії та пульмонології. На момент госпіталізації мав скарги на підвищення температури тіла до 39 °С, кашель, слабкість. Об'єктивний статус: вага – 62 кг, зріст – 173 см, t – 38.5 °С, ЧСС – 112/хв, ЧД – 44/хв, SpO₂ – 90 %. Стан дитини був тяжким за рахунок гіпертермії, катаральних явищ, інтоксикації, задишки змішаного характеру. Спостерігався озноб і тремор рук. Шкірні покриви тілесного кольору, садна, ерозивні

ушкодження на шкірі тулуба, кінцівок, ділянками по ходу вен на етапах епітелізування. Шийні лімфатичні вузли збільшені, 1 x см, безболісні. Над легеньми при перкусії відзначався тупий перкуторний звук у нижньо-задніх відділах з обох боків. При аускультатії – дихання жорстке, у нижньо-задніх відділах з обох боків різко ослаблене. Межі відносної серцевої тупості в межах вікової норми. Тони серця ритмічні, приглушені, тахікардія. З боку інших систем патології не виявлено. Загальний аналіз крові: Нb – 93 г/л, еритроцити – 2,99 Т/л, КП – 0.93, тромбоцити – 1077 Г/л, лейкоцити – 17,9 Г/л, ШОЕ – 46 мм/год, гематокрит – 27.3 %, паличкоядерні – 12 %, сегментоядерні – 81 %, еозинофіли – 1 %, лімфоцити – 11 %, моноцити – 5 %. СРБ – 186 МО/мл (при нормі до 6 МО/мл). Було проведено УЗД плевральних порожнин і легень.

Висновок: по передніх поверхнях легень переважно А-профіль, дрібні субплевральні консолідації по 4, 5 міжреберних проміжках з обох сторін. По боковій поверхні правої легені під пахвинною ділянкою вниз В-профіль понад 5 В-ліній, у нижніх відділах консолідації до 2 см глибиною з динамічною бронхограмою. Рівень рідини до 0,5 см, неоднорідна за ЕХО сигналом. По боковій поверхні лівої легені в нижніх відділах нерівна лінія плеври, субплевральні консолідації з динамічної бронхограмою до 1 см глибиною. Рівень рідини до 10 мм. Проведено плевральну пункцію. Отримано 90 мл гнійного ексудату, зроблено бакпосів і встановлено дренаж у праву плевральну порожнину. При посіві не було виявлено збудника, оскільки пацієнт тривалий час отримував антибіотики широкого спектра дії в попередній лікарні. Рентгенологічно, на УЗД та під час КТ, було підтверджено діагноз – багатокамерна емпієма плеври. Виконано торакоскопію зліва та евакуацію інфікованої плевральної порожнини. Призначено етіотропне лікування: меропенем, ванкоміцин, метронідазол [3–5].

Протягом усього періоду лікування температура трималася вище 37 °С. Через тиждень після торакоскопії, на рентгенографії органів грудної клітки – позитивна динаміка. Приблизно через місяць лікування температура нормалізувалася. Клінічні ознаки захворювання – з позитивною динамікою. Рентгенологічні та

лабораторні показники також з позитивною динамікою. Хлопця було переведено в реабілітаційне відділення лікарні.

Висновки. Вивчення цього клінічного випадку є важливим для поглиблення розуміння патогенезу, діагностики та лікування тяжких форм позагоспітальної пневмонії у дітей. Особливу увагу слід приділяти своєчасному виявленню ускладнень, а також удосконаленню терапевтичних підходів. Не менш актуальним є підвищення ефективності лабораторної діагностики. Основна мета аналізу клінічних випадків – вдосконалення тактики діагностики та лікування позагоспітальних пневмоній, зокрема коректність підбору антибіотикотерапії. Для досягнення цього використовують заходи впровадження клінічних настанов (публікації, навчальні матеріали, тренінги), а також здійснюють моніторинг і контроль за дотриманням рекомендацій.

Список використаних джерел

1. Michelson, P. H. Pediatric Empyema Treatment & Management. *Medscape*. DOI: <https://emedicine.medscape.com/article/1001747-treatment?form=fpf>

2. Para- und postpneumonisches Pleuraempyem: aktuelle Behandlungsstrategien bei Kindern und Erwachsenen / M. Ried et al. *Zentralblatt für Chirurgie – Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie*. 2015. Vol. 140, S. 01. P. S22–S28. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0035-1557771>

3. Про затвердження Стандарту медичної допомоги "Рациональне застосування антибактеріальних і антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою": Наказ МОЗ України від 18.05.2022 № 823. URL: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-18052022--823-pro-zatverdzhennja-standartu-medichnoi-dopomogi-racionalne-zastosuvannja-antibakterialnih-i-antifungalnih-preparativ-z-likuvalnoju-ta-profilaktichnoju-metoju>

4. Позалікарняні пневмонії у дітей. *Державний експертний центр Міністерства охорони здоров'я України*. URL: <https://www.dec.gov.ua/mtd/pozalikarnyani-pnevmoniyi-u-ditej/>

5. Про затвердження Стандартів медичної допомоги "Позалікарняні пневмонії у дітей": Наказ МОЗ України від 02.08.2022 № 1380. URL: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-02082022--1380-pro-zatverdzhennja-standartiv-medichnoi-dopomogi-pozalikarnyani-pnevmonii-u-ditej>

¹Moroz A., ¹Brodyak I., ²Kucharska A., ¹Sybirna N.

e-mail: Anna.Moroz@lnu.edu.ua

¹Ivan Franko National University of Lviv,

²Wrocław University of Environmental and Life Sciences

MODULATION OF NITRATIVE STRESS IN ERYTHROCYTES OF RATS WITH DIABETES MELLITUS BY FRUIT EXTRACTS FROM THE DIFFERENT CULTIVARS OF CORNELIAN CHERRY

In diabetes mellitus (DM) erythrocytes undergo functional changes characterized by a decrease in the export of bioactive nitric oxide (NO) and an increased formation of reactive oxygen species (ROS) [5]. Therefore, the search for and study of natural preparations derived from plant raw materials that can prevent disorders in erythrocytes are essential for science. Given this, the aim of this study was to investigate the effect of the fruit extract of *Cornus mas* 'Koralovyi' cultivar and the extract of the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' and 'Tomasz' cultivars on the activity of the NO-synthase (NOS) and the content of stable NO metabolites (nitrite and nitrate) in erythrocytes of rats with streptozotocin (STZ)-induced DM. Male Wistar rats were used in the experiments. DM was induced by intraperitoneal injection of STZ at a dosage of 55 mg/kg of b.w. Animals were divided into 4 groups: the 1st group – control animals; the 2nd group – rats with STZ-induced DM; the 3rd and 4th groups – rats with DM that were orally administered fruit extracts from the 'Koralovyi' cultivar of *Cornus mas* and the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* 'Jerzy' and 'Tomasz' cultivars, respectively, at a dose of 20 mg/kg of b.w. for 14 days [1]. To determine the activity of the constitutive isoform of NOS (cNOS), the activity of the inducible isoform of NOS (iNOS) was subtracted from total NOS activity. The activity of NOS was measured at $\lambda = 540$ nm and expressed in pmol of newly formed NO_2^- per 1 min per mg of protein [2]. To content of nitrite and nitrate anions was determined using Griess reagent and Griess reagent with added VCl_3 , respectively ($\lambda = 540$ nm) [4]. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2013 and one-way ANOVA. Differences between groups were considered statistically significant at $p \geq 0.95$.

In STZ-induced diabetic rats, the activity of both cNOS and iNOS in erythrocytes significantly increased compared to values obtained in the control group of animals (Table 1). Elevated NOS activity is associated with the development of oxidative-nitrative stress [3].

Table 1. The activity of nitric oxide synthase (NOS) in erythrocytes of animals with DM after administration of fruit extracts from different cultivars of cornelian cherry

Group of animals	NOS	
	Inducible isoform of NOS, pmol/min × mg of protein	Constitutive isoform of NOS, pmol/min × mg of protein
Control	4.5 ± 0.5	6.2 ± 0.5
DM	14.6 ± 2.3***	15.9 ± 1.9***
DM + <i>C. mas</i> 'Koralovyi'	3.9 ± 0.3###	6.6 ± 1.2##
DM + <i>C. mas</i> × <i>C. officinalis</i>	3.8 ± 0.3###	6.1 ± 1.1##

Note: *** – $p \geq 0.999$ compared to the control group; ## – $p \geq 0.99$; ### – $p \geq 0.999$ compared to the diabetic group.

The *per os* administration of fruit extracts from the 'Koralovyi' cultivar of *Cornus mas* and the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* to diabetic rats caused a decline in the activities of cNOS (2.4-fold and 2.6-fold, respectively) and iNOS (3.7-fold and 3.8-fold, respectively) (Table 1).

Increased NOS activity in diabetic pathology leads to the overproduction of NO, which rapidly oxidizes to its stable products [3]. We also observed an increase in the level of NO₂⁻ and NO₃⁻ anions in erythrocytes of rats with DM the (Table 2).

The administration to diabetic animals of the fruit extracts from different cultivars of cornelian cherry led to a significant reduction in nitrates level (Table 2). The NO₂⁻ content notably decreased following oral administration of the extract of the hybrids (Table 2).

Table 2. The effect of fruit extracts from the 'Koralovyi' cultivar of *Cornus mas* and the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* on the content of NO₂⁻ and NO₃⁻ anions in erythrocytes of animals with DM

Nitrite, nitrate Group of animals	NO ₂ ⁻ , pmol/mg of protein	NO ₃ ⁻ , pmol/mg of protein	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻ , pmol/ mg of protein
Control	51.2 ± 1.1	1078.9 ± 26.0	1130.1 ± 17.8
DM	94.0 ± 1.0 ^{***}	1715.6 ± 19.0 ^{***}	1809.6 ± 19.8 ^{***}
DM + <i>C. mas</i> 'Koralovyi'	117.8 ± 15.9 ^{***}	761.8 ± 91.5 ^{*,###}	879.6 ± 98.4 ^{###}
DM + <i>C. mas</i> × <i>C. officinalis</i>	64.8 ± 6.0 ^{##}	546.9 ± 87.4 ^{**,###}	611.7 ± 105.2 ^{*,###}

Note: * – $p \geq 0.95$; *** – $p \geq 0.999$ compared to the control group; ## – $p \geq 0.99$; ### – $p \geq 0.999$ compared to the diabetic group.

In conclusion, normalization of nitrative stress biomarkers in erythrocytes of rats with diabetes demonstrates the antioxidant activity of the studied fruit extracts from different cultivars of cornelian cherry. This effect can be linked to the synergetic properties of various biologically active compounds present in cornelian cherry fruit extracts [1].

References

1. Alleviation of hyperglycaemia and oxidative stress by fruit extracts of different cultivars of the cornelian cherry (*Cornus mas* L. and *Cornus mas* × *Cornus officinalis*) in rats with diabetes mellitus / I. Brodyak et al. *Food & Function*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1039/d4fo05426a>
2. Dawson J., Knowles R.G. A microtiter-plate assay of human NOS isoforms. *Methods Mol Biology*. 1998. Vol. 100. P. 237–242. <https://doi.org/10.1385/1-59259-749-1:237>
3. Gajecki D., Gawryś J., Szahidewicz-Krupska E., Doroszko A. Role of erythrocytes in nitric oxide metabolism and paracrine regulation of endothelial function. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11. P. 943. <https://doi.org/10.3390/antiox11050943>

4. Miranda K.M., Espey M.G., Wink D.A. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide*. 2001. Vol. 5. P. 62–71. <https://doi.org/10.1006/niox.2000.0319>

5. Red Blood Cells in Type 2 Diabetes Impair Cardiac Post-Ischemic Recovery Through an Arginase-Dependent Modulation of Nitric Oxide Synthase and Reactive Oxygen Species / J. Yang et al. *JACC: Basic to Translational Science*. 2018. Vol. 3, N 4. P. 450–463. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2018.03.006>

Олефіренко С., Ковальчук О.

e-mail: sofiiaolefirenko@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МЕХАНІЗМИ ОЧИЩЕННЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦІЄЮ

Olefirenko S., Kovalchuk O. Brain cleansing mechanisms and their relationship with neurodegeneration

The glymphatic system, discovered in 2012, may play a key role in removing metabolic waste from the brain. It functions through perivascular spaces formed by astrocyte endfeet, as well as the protein aquaporin-4, which ensures the movement of interstitial fluid. This system may help cleanse the brain of toxic products, in particular β -amyloid, the accumulation of which is associated with the development of Alzheimer's disease. Although the mechanisms of Alzheimer's disease are not yet fully understood. It is also believed that changes in the activity of astrocytes play an important role in the pathological process. The discovery of the glymphatic system has opened new perspectives for the study of CNS diseases and the search for effective treatments.

За останні десятиліття було зареєстровано ряд анатомічних відкриттів, що перевернули давно існуючі догми про будову та функції людського організму. Вважалося, що центральна нервова система має привілейовану імунну функцію (зокрема через наявність гематоенцефалічного бар'єра навколо неї) через відсутність лімфатичних шляхів. Але це не повністю пояснювало відсутність ефективної системи тканинного дренажу при значній

метаболічній активності та високій потребі в детоксикації центральної нервової системи.

Опис глімфатичної системи в 2012 р. став ланкою у розумінні патогенезу нейродегенеративних хвороб і дав можливість проведення нових досліджень, спрямованих на аналіз процесів у мозку, у тому числі, дослідження механізмів виникнення хвороби Альцгеймера.

Виявилось, що глімфатична система може виконувати значну роль у виведенні відходів з мозку та перенесенні таких речовин, як глюкоза, ліпіди, амінокислоти, нейротрансмітери [7]. Використовуючи двофотонну лазерну мікроскопію, на щурах вдалось охарактеризувати систему *in vivo*. Встановлено, що, замість хаотичного розподілу по паренхімі, мічена флуоресцентними мітками спинномозкова рідина збиралась у сформованих астроцитарними кінцевими ніжками периваскулярних просторах, проникаючих у м'яку мозкову оболону судин [6].

Варто зазначити, що в головному мозку людини існує кілька унікальних для приматів типів астроглії, наприклад міжшарові астроцити, на які припадає десята частина всієї астроглії. Але формування моделі хвороби Альцгеймера у щурів достатньо точно відображає хід реакцій мозку людини під час хвороби [12].

Астроцити, що виконують у ЦНС допоміжні функції, підтримуючи нейрони, є ключовими структурами у формуванні механізму дії глімфатичної системи. Відростки як волокнистих, так і протоплазматичних астроцитів, утворюють контакти з кровоносними судинами, формуючи навколосудинну гліальну обмежувальну перетинку. Виявилось, що наявний у мембрані відростків астроцитів (кінцевих астроцитарних ніжок) білок аквапорин-4 (AQP4), що слугує для перенесення протонів Na^+ , K^+ , HCO_3^- для регуляції водного обміну та іонного балансу, також займає ключову роль у функціонуванні глімфатичної системи.

Периваскулярні простори, або простори Вірхова-Робена, представляють щілини, по яким циркулює ліквор. Ці щілини оточують кровоносні судини в головному мозку. Їх формує м'яка мозкова оболона, що щільно прилягає до поверхні мозку та проникає разом з кровоносними судинами у його глибину. Причому, периваскулярні простори не є розширеннями

підпаутинного простору, а є своєрідними футлярами судин з м'якої мозкової оболони. Наприклад вени, що мають сполучення з підм'якооболонним простором, і артерії, які його не мають, безпосередньо не сполучаються з підпаутинним простором. Це сполучення відбувається за рахунок пор і проміжків у м'якій мозковій оболоні.

Глімфатична система забезпечує переміщення спинномозкової рідини по навколоартеріальних просторах у паренхіму через канали, створені AQP4, потім ліквор змішується з інтерстиціальною рідиною в паренхімі. Дослідники вважають, що глімфатичний потік ліквору, разом з інтерстиціальною рідиною, може "вимивати" з паренхіми, в якій містяться нейрони – основні структурні одиниці нервової системи, метаболіти, токсини, включаючи β -амілоїди, перш ніж через навколовенозні простори дренажувати в периферійну частину лімфатичної системи. У спрямованості руху спинномозкової рідини важливу роль відіграють фізіологічні фактори: артеріальна пульсація, дихання [6].

β -амілоїди є групою пептидів (36–43 амінокислотних залишків), що є основними компонентами нерозчинних амілоїдних (сенільних) бляшок, велика кількість яких виявлена в головному мозку у людей з хворобою Альцгеймера. Хвороба характеризується втратою нейронів і синаптичних зв'язків у корі півкуль великого мозку, що провокує виражену атрофію уражених частин мозку, це помітно на посмертних препаратах [3]. Типовими структурами головного мозку, які зазвичай уражуються при хворобі Альцгеймера, є скроневі частки, тім'яні частки та гіпокамп.

β -амілоїд є похідним від білка-попередника APP (amyloid precursor protein), що переважно експресується в астроцитах у дуже низьких концентраціях і забезпечує роботу різноманітних процесів, включаючи утворення синапсів та підтримку нейронів. Більш висока концентрація APP у мозку провокує порушення регуляторних процесів і загибель нервових клітин [2].

Але, незважаючи на тривале вивчення хвороби Альцгеймера, більшість питань патогенезу залишаються невирішеними. Хвороба починається з таких малопомітних симптомів, як втрата короточасної пам'яті, але з часом прогресує до повного розладу інтелекту та психіки (втрата довготривалої пам'яті, порушення

когнітивних функцій). Поступове прогресування хвороби веде до летального результату.

Отже, специфічними для хвороби Альцгеймера маркерами вважають атрофію речовини головного мозку з втратою нейронів і синапсів та відкладення амілоїдних бляшок. Вважається, що прилеглі до сенильних бляшок нейрони зазнають як прямої токсичної дії, так і підлягають ряду опосередкованих факторів. До того ж, не до кінця відома роль астроцитів при патогенезі. Вважається, що здорові астроцити є основними гомеостатичними клітинами центральної нервової системи, що підтримують фізіологічні функції. Але дослідження показують, що ключовим етапом у виникненні нейродегенеративних захворювань є зміна реактивності астрогліальних клітин [3].

Список використаних джерел

1. Human and nonhuman primate meninges harbor lymphatic vessels that can be visualized noninvasively by MRI / M. Absinta et al. *eLife*. 2017. Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.7554/elife.29738>
2. Relationships Between Expression of Apolipoprotein E and β -Amyloid Precursor Protein Are Altered in Proximity to Alzheimer β -Amyloid Plaques / S. W. Barger та ін. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*. 2008. Т. 67, № 8. С. 773–783. DOI: <https://doi.org/10.1097/nen.0b013e318180ec47>
3. Bates, K. A., Martins, R. N., Harvey, A. R. Oxidative stress in a rat model of chronic gliosis. *Neurobiology of Aging*. 2007. № 28. P 995–1008.
4. Sleep, cerebrospinal fluid, and the glymphatic system: A systematic review / P. L. H. Chong et al. *Sleep Medicine Reviews*. 2022. Vol. 61. P. 101572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2021.101572>
5. Hablitz, L. M. & Nedergaard, M. The Glymphatic System: A Novel Component of Fundamental Neurobiology. *J. Neurosci.* 2021. № 41. P. 7698–7711.
6. A Paravascular Pathway Facilitates CSF Flow Through the Brain Parenchyma and the Clearance of Interstitial Solutes, Including Amyloid / J. J. Iliff et al. *Science Translational Medicine*. 2012. Vol. 4, N 147. P. 147ra111. DOI: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3003748>
7. The Glymphatic System: A Beginner's Guide / N. A. Jessen et al. *Neurochemical Research*. 2015. Vol. 40, N 12. P. 2583–2599. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11064-015-1581-6>
8. Mestre, H., Mori, Y. & Nedergaard, M. The Brain's Glymphatic System: Current Controversies. *Trends Neurosci.* 2020. № 43. P 458–466.

9. Glymphatic System Impairment in Alzheimer's Disease and Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus / B. C. Reeves et al. *Trends in Molecular Medicine*. 2020. Vol. 26, N 3. P. 285–295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2019.11.008>

10. The glymphatic system in migraine and other headaches / M. G. Vittorini et al. *The Journal of Headache and Pain*. 2024. Vol. 25, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s10194-024-01741-2>

11. Perivascular Spaces, Glymphatic System and MR / L. Yu et al. *Frontiers in Neurology*. 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.844938>

12. Вступ до гліології : навч. посіб. / Ю. Чайковський та ін. ; ред. О. Макаренко. Київ, 2022. 233 с.

Приймак В., Решетнік Є.

e-mail: vita250606@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВАРИКОЗНЕ ЗАХВОРЮВАННЯ ВЕН НИЖНІХ КІНЦІВОК: ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ, ЛІКУВАННЯ ТА МОЖЛИВІ НАСЛІДКИ ХВОРОБИ

Przymak V., Reshetnik Ye. Varicose vein disease of the lower limbs: feature of the course, treatment and possible consequences of the disease

Varicose vein disease of the lower limbs is a chronic condition characterized by the dilation, elongation, and tortuosity of veins due to weakened vein walls and dysfunctional valves. This article will cover the topic of varicose veins of the lower extremities. The following issues is considered: etiology of the disease, pathogenetic features, various treatment strategies and possible complications of the disease. Also, some points will be covered according to personal experience.

Хронічні захворювання вен є надзвичайно поширеною групою серцево-судинних патологій. Відповідно до міжнародних даних близько 80 % дорослого населення страждає хронічним захворюванням вен [1]. Саме варикозна хвороба вражає до 40 % жінок і менш як 17 % чоловіків. За даними Національної медичної бібліотеки, варикозне розширення вен нижніх кінцівок (ВРВНК) поширене серед людей віком від 41 до 65 років і формує таку групу

ризиків: жіноча стать, сімейний анамнез венозних хвороб, зайва вага, малорухливий спосіб життя, довготривалі статичні навантаження, травми кісток нижньої кінцівки.

Характерними патофізіологічними ознаками ВРВНК є функціональне порушення роботи клапанів вен нижніх кінцівок (неспроможність клапанів), ослаблення судинної стінки, венозна гіпертензія [3]. Розвиток ВРВНК також має генетичну залежність, однак варто зазначити, що клінічні прояви мають індивідуальний характер.

Патогенетична картина ВРВНК має свої особливості, які характеризуються тривалим впливом різноманітних чинників та віковими змінами в організмі людини, впливаючи на працездатність людини та якість життя. Симптоматиці варикозного розширення вен нижніх кінцівок характерні підвищена чутливість, набряк, морфоанатомічні зміни судин та шкірного покриву. Клінічні прояви, перебіг хвороби та коморбідність є важливим критерієм для формування стратегії лікування.

Важливою складовою у вирішенні проблеми зростання варикозного розширення вен нижніх кінцівок є опрацювання різноманіття клінічної картини ВРВНК, аналіз результатів сучасних досліджень і особливостей формування стратегії лікування з їх терапевтичними та хірургічними положеннями, що відповідають сучасному міжнародному протоколу лікування [2, 4–7].

Список використаних джерел

1. Alsaigh, T., & Fukaya, E. Varicose veins and chronic venous disease. *Cardiology Clinics*. 2021. Vol. 39(4). P. 567–581.
2. Chung JH, Heo S.J Varicose Veins and the Diagnosis of Chronic Venous Disease in the Lower Extremities. *Chest Surg*. 2024. Vol. 57(2). P. 109–119.
3. Venous Wall of Patients with Chronic Venous Disease Exhibits a Glycolytic Phenotype / O. Fraile-Martinez et al. *Journal of Personalized Medicine*. 2022. Vol. 12, N 10. P. 1642. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm12101642>
4. A Comprehensive Review on Varicose Veins: Preventive Measures and Different Treatments / M. Gawas et al. *Journal of the American College of Nutrition*. 2021. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1909510>

5. A Comprehensive Review on Varicose Veins: Preventive Measures and Different Treatments / M. Gawas et al. *Journal of the American College of Nutrition*. 2021. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1909510>

6. The 2023 Society for Vascular Surgery, American Venous Forum, and American Vein and Lymphatic Society Clinical Practice Guidelines for the Management of Varicose Veins of the Lower Extremities. Part II / P. Gloviczki et al. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2023.08.011>

7. Sasaki V.S., Fukaya E. Varicose Veins: Approach, Assessment, and Management to the Patient with Chronic Venous Disease. *Med. Clin. North Am.* 2023. Vol. 107(5). P. 895–909.

Проценко В., Козинець Є., Кізім А.

e-mail: egorkozynets@gmail.com

hlorofil2226@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК ГОСТРОЇ ПОЗАГОСПІТАЛЬНОЇ ПОЛІСЕГМЕНТАРНОЇ ПНЕВМОНІЇ, УСКЛАДНЕНОЇ ЕКСУДАТИВНИМ ПЛЕВРИТОМ У ДИТИНИ ДО РОКУ ПІСЛЯ ПЕРЕНЕСЕНОГО ГРИПУ А

Protsenko V., Kozynets Y., Kizim A. Case of community-acquired polysegmental pneumonia complicated by exudative pleuritis in an 11-month-old patient

The report presents a clinical case of a severe course of acute community-acquired polysegmental pneumonia in an 11-month-old child, complicated by exudative pleuritis. Streptococcus pyogenes was isolated as the etiological agent. Diagnosis included clinical, radiographic, and laboratory evaluation. The patient underwent antibiotic therapy and drainage of pleural effusion with positive dynamics. This case highlights the importance of early diagnosis, timely treatment, and the need for improved pediatric-specific outcome measures for community-acquired pneumonia.

Важливість теми гострих позагоспітальних полісегментарних пневмоній у дітей раннього віку обумовлена високим рівнем тяжкості перебігу та частими серйозними ускладненнями, які

несуть загрозу життю. Серед основних етіологічних факторів у дітей грудного віку виділяють: *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*. Будь-які імунологічні механізми, спричинені вірусом грипу, можуть викликати тяжке вторинне бактеріальне суперінфікування, зокрема *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus pneumoniae* або *Staphylococcus aureus*. За останні роки частота розвитку плевральної емпієми у дітей з грипоною інфекцією зростає [7].

Особливу увагу привертає розвиток пневмонії, ускладненої ексудативним плевритом у дітей після перенесеного грипу А, оскільки досить швидко відбувається приєднання бактеріальної інфекції, зокрема *Streptococcus pyogenes*, що значно ускладнює перебіг захворювання, діагностику та продовжує процес відновлення.

Отже, своєчасна діагностика позагоспітальної полісегментарної пневмонії є актуальною проблемою, яка потребує інтенсивного лікування з урахуванням усіх особливостей організму дитини раннього віку, а також у зв'язку з розвитком ускладнень, обумовлених вторинним бактеріальним інфікуванням [1, 6].

Мета. Поділитись практикою підходу до діагностики позагоспітальної пневмонії дітей грудного віку (зокрема активне використання перкусії як одного з об'єктивних методів обстеження дітей) на прикладі 11-місячної дитини, хворої на гостру позагоспітальну полісегментарну пневмонію, ускладнену ексудативним плевритом після перенесеного грипу А.

Клінічний випадок. Хворий М., 11 місяців, був госпіталізований до педіатричного відділення КНП "Дитяча клінічна лікарня № 7 м. Києва". На момент звернення хворів близько 8 днів, мама скаржилась на підвищення температури до 40,5°C, задишку, кашель у дитини. З анамнезу: 10 днів тому батько дитини захворів на грип А, підтверджений лабораторно. Через два дні після батька захворів хлопчик, експрес-тест також підтвердив грип А. Лікували дитину амбулаторно, було призначено лише симптоматичне лікування. При госпіталізації об'єктивно: температура 38,8 °C, ЧСС 160 уд./хв, ЧД 44 дих.р./хв. Стан дитини тяжкий. Тургор і еластичність шкіри знижені. Шкірні покрови блідо-рожеві. Слизова ротоглотки гіперемована, мигдалики не збільшені, нашарувань немає.

Дихання через ніс помірно затrudнене, периферичні лімфатичні вузли не збільшені. Перкуторно притуплений звук зліва нижче лопатки та по середньоаксіялярній лінії в нижніх відділах лівого геміторакусу. Аускультативно основні дихальні шуми ліворуч по задній поверхні грудної клітини нижче лопатки та в нижніх відділах латерально різко ослаблені, патологічні дихальні шуми не вислуховуються. Межі відносної серцевої тупості відповідають віку дитини. Тони серця ритмічні, приглушені, тахікардія. Інші органи та системи без патологічних змін.

Результати загального аналізу крові: Нb – 106 г/л, Еритроцити – 5,21 Т/л, КР – 0,61, Тромбоцити – 464 Г/л, Лейкоцити – 18,8 Г/л, Гематокрит – 33,4 %, ШОЕ – 49 мм/год, Юні – 1 %, Паличкоядерні – 11 %, Сегментоядерні – 60,5 %, Еозинофіли – 0,5 %, Лімфоцити – 23 %, Моноцити – 4 %. СРБ – 126 МО/мл (при нормі до 6 МО/мл).

Рентгенографія: рентгенологічні ознаки лівобічної полісегментарної пневмонії та плеврального випоту. Дитині проведено торакоцентез, встановлено дренаж, через який виділилося 200 мл серозного випоту солом'яно-жовтого кольору. Бакпосів ексудату: виявлено *Streptococcus pyogenes*.

Була призначена антибіотикотерапія: лінезолід по 100 мг 3 рази на день внутрішньовенно крапельно, цефотаксим 500 мг 2 рази на день, кларитроміцин 125 мг 2 рази на добу. На 6-й день лікування мати хворого зазначає покращення самопочуття. Температура тіла до 37,2 °С, дитина стала активнішою. На 7-й день лікування лабораторно-інструментально відзначається позитивна динаміка. На 12-й день лікування дитину переведено до реабілітаційного відділення.

Висновки. Цей клінічний випадок вказує на важливість своєчасного комплексного обстеження (у т. ч., із застосуванням усього спектра фізикальних досліджень) і динамічного спостереження дітей до року з тяжким перебігом ГРВІ через високий ризик коінфекцій, зокрема β-гемолітичним стрептококом групи А, які збільшують імовірність розвитку ускладнень.

Для позагоспітальних пневмоній (ПП) у дітей практично не існує будь-яких надійних і перевірених кінцевих точок для перевірки ефективності діагностики та лікування.

Таким чином, на сьогодні існує гостра потреба у фінансуванні програм досліджень, служб охорони здоров'я для якісного оцінювання діагностики та лікування ПП у дітей.

Список використаних джерел

1. AWMF Leitlinienregister. *AWMF Leitlinienregister*. URL: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/048-013>
2. Quality Improvement Methods Increase Appropriate Antibiotic Prescribing for Childhood Pneumonia / L. Ambroggio et al. *PEDIATRICS*. 2013. Vol. 131, N 5. P. e1623-e1631. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2635>
3. Necrotizing pneumonia in children: Report of 25 cases between 2008 and 2018 at a French tertiary care center / M. Cathalau et al. *Archives de Pédiatrie*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2023.12.004>
4. Пневмонії у дітей. Клінічна настанова, заснована на доказах. : Настанова від 02.08.2022 № КН 2022-1380. URL: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2022/08/2022_1380_kn_pnevmoniyi_u_ditej.pdf
5. Про затвердження Стандартів медичної допомоги "Позалікарняні пневмонії у дітей": Наказ МОЗ України від 02.08.2022 № 1380. URL: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-02082022--1380-pro-zatverdzhennja-standartiv-medichnoi-dopomogi-pozalikarnjani-pnevmonii-u-ditej>
6. Megged O. Characteristics of Streptococcus pyogenes Versus Streptococcus pneumoniae Pleural Empyema and Pneumonia with Pleural Effusion in Children. *Pediatric Infectious Disease Journal*. 2020. Publish Ahead of Print. DOI: <https://doi.org/10.1097/inf.0000000000002699>
7. A severe case of Streptococcal pyogenes empyema following influenza A infection / N. Asai et al. *BMC Pulmonary Medicine*. 2019. Vol. 19, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12890-019-0787-9>

Сергєєв Є., Подпалова О.

e-mail: eugenii_sergeev@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ ОФТАЛЬМОРОЗАЦЕА: ВІД ЕТІОЛОГІЇ ДО ЛІКУВАННЯ

Sergeev E., Podpalova O. Analysis of a clinical case of ophthalmorosacea: from etiology to treatment

Ophthalmorosacea, a common complication of cutaneous rosacea, is often diagnosed late. A case study reviews the etiology, pathogenesis, key clinical manifestations ranging from blepharoconjunctivitis to keratitis with visual impairment, and current approaches to diagnosis and treatment of the disease. Special attention is paid to the analysis of inflammatory processes and immune responses underlying the pathogenesis.

Офтальморозацеа як поширене ускладнення розацеа шкіри часто становить діагностичну складність для офтальмологів через пізній початок очних проявів щодо шкірних. Найчастіше захворювання розпочинається як блефарокон'юнктивіт, що супроводжується запаленням повік та слизової оболонки ока [2]. Проте в деяких випадках можливий розвиток кератиту, який характеризується помутнінням рогівки, вираженням і тривалим почервонінням очей, а також прогресуючим зниженням гостроти зору. Варто зазначити, що зазначена симптоматика може розвиватися поступово, іноді на тлі анамнезу неадекватно лікованих запальних захворювань ока в дитинстві, зокрема хронічних кон'юнктивітів.

Як і розацеа шкіри, офтальморозацеа є запальним захворюванням з порушенням імунної відповіді та судинною дисрегуляцією. Чутливість до зовнішніх факторів, таких як ультрафіолетове випромінювання та значні фізичні навантаження, може провокувати загострення симптомів як на шкірі, так і в органах зору.

Особливу цінність цьому дослідженню надає той факт, що вивчення клінічних особливостей офтальморозацеа проводилося автором, який має підтверджений відповідний діагноз. Власні

переживання та симптоми були верифіковані шляхом клінічного обстеження у провідній офтальмологічній установі. Такий підхід забезпечив не лише теоретичне осмислення проблеми, але й глибоке розуміння досвіду пацієнта, що, безумовно, збагатило аналіз і дозволило виявити нюанси клінічної картини, які могли б залишитися поза увагою при суто об'єктивному дослідженні (рис. 1).



Рис. 1. Клінічні прояви очної розацеа та супутніх офтальмологічних патологій, зафіксовані під час обстеження

Активація запальної відповіді та імунної системи, спричинена патогенетичними факторами, призводить до каскаду подій. Першим кроком є надмірна експресія Toll-подібного рецептора 2 (TLR2) в епідермісі. Збільшення TLR2 у кератиноцитах стимулює серинову протеазу калікреїн-5 (KLK5), що синтезує кателіцидин. Останній, у свою чергу, індукує підвищення рівня фактора росту ендотелію судин (VEGF) в епідермальних кератиноцитах, викликаючи зміни судин та ангиогенез. На рогівці ці процеси проявляються як посилене вироблення матриксних металопротеїназ фібробластами строми та епітеліальними клітинами. Запалення також підтримується підвищеними рівнями інтерлейкінів-1 α та -1 β , желатинази В (матриксна металопротеїназа-9) і колагенази-2 у слізній рідині, а також зростанням фактора некрозу пухлини (TNF- α) у плазмі крові та надмірною експресією молекули міжклітинної адгезії 1 (ICAM-1) і HLA-DR в епітеліальних клітинах кон'юнктиви [3].

Як вказувалось раніше, офтальморозацеа проявляється пізніше шкірних захворювань розацеа, і ознаки можуть бути

різні, зокрема кон'юнктивіт, блефарит, а також патологічні зміни в мейбомієвих залозах, такі як халязіон, або більш гостра форма – ячмінь. У деяких пацієнтів з офтальморозацеа ще може відбуватися васкуляризація, стоншення та перфорація рогівки. Також можуть бути виявлені субепітеліальні інфільтрати або вузликові протрузії. Іноді розвиваються епітеліальні кісти, вони можуть розриватися й утворювати виразки та рецидивні ерозії епітелію рогівки [2].

Найпоширенішими симптомами очної розацеа можуть бути печіння та свербіж в очах, посилена сльозоточивість, фотофобія (надмірна чутливість на сонячне світло), і як один із симптомів кератиту – помутніння в очах, наявність білої "пилини" (ознаки васкуляризації рогівки).

Діагноз встановлюється клінічно та часто підтверджується дерматологічними даними. При дослідженні країв повік за допомогою щільної лампи у 50–94 % пацієнтів візуалізуються телеангіектазії та еритема краю повік (рис. 1). Дисфункцію мейбомієвих залоз фіксують у 92 % пацієнтів з розацеа, вона характеризується надлишковим, аномально мутним секретом мейбомієвих залоз, що викликає закупорювання устя залоз та рецидиви ячменю/халязіону. Крім того, запалення очної поверхні спричиняє почервоніння кон'юнктиви в межах очної щілини (між верхньою та нижньою повіками), яке називається міжпальпебральною бульбарною гіперемією кон'юнктиви. Також спостерігаються фолікулярна (утворення дрібних лімфоїдних вузликів) та папілярна (розростання сосочків на кон'юнктиві) реакції.

При офтальморозацеа кон'юнктива пронизана запальними клітинами, серед яких Т-хелпери (CD4) та Т-супресори (регуляторні Т-клітини), фагоцити (клітини, що поглинають чужорідні частинки) та антигенпрезентуючі клітини (клітини, що представляють антигени імунній системі) [4]. У пацієнтів із розацеа шкіри зазвичай виявляється помірне збільшення кількості майже всіх типів цих клітин, особливо Т-хелперів [1].

Лікування при офтальморозацеа здебільшого передбачає застосування протизапальних препаратів місцевої та системної

дії, наприклад тетрацикліни, серед них доксициклін, а також макроліди, до яких належить азитроміцин. Обов'язково при цьому захворюванні призначають зволожувальні краплі, для зменшення вираженості сухості очей та почервоніння, у такому випадку може підійти Туалоз-Дуо або Оптінол. Для лікування халязіону або ячменю застосовують краплі офлоксацину. Для усунення ризику рецидиву призначають гігієну повік, а саме, рекомендують промивати повіки спеціальними стерильними серветками для повік (напр., Блефаклін) і теплі компреси, які слід прикладати до країв повік, за допомогою яких можна досягти розрідження густого секрету мейбомієвих залоз і полегшити процес його виходу [1]. При гострих запальних процесах на повіках, зокрема при ячмені, радять проводити хірургічну операцію з видалення гнійного утворення.

Стосовно васкуляризації рогівки при терапії на ранніх етапах можливо зупинити процес зростання судин, і навіть прибрати судину під дією антибіотиків, проте на пізніх стадіях хвороби судину прибрати вже неможливо, хоча зупинити процес васкуляризації можна.

Список використаних джерел

1. Dudee J., Smith K., Johnson L. Advances in dermatological treatments. *Dermatology Research Journal*. 2024. Vol. 15, № 4. P. 215–223.
2. López-Valverde G., González-Parra V., López-Jornet P. Application of a low-level laser therapy protocol to burning mouth syndrome: a randomized controlled trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2016. Vol. 121, No. 3. P. 307–313.
3. Meador A.G., Patel R., Lee T. Innovations in ocular dermatology. *Ophthalmic Dermatology Review*. 2024. Vol. 10, No. 2. P. 85–94.
4. Офтальморозацеа. *Компендіум*. URL: <https://compendium.com.ua/uk/handbooks-uk/nozologia-dovidnyk/oftalmorozatsea-2/>

Шакула К., Швець Ю.

e-mail: shakula.katrin.14@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СНУ СЕРЕД СТУДЕНТІВ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА САМОПОЧУТТЯ

Shakula K., Shvets J. Assessment of sleep quality among students and its impact on their well-being

The study assessed the quality of sleep and its impact on students' daily lives. The study was conducted among university students using a Google form survey. It was found that most students, although sleeping more than 7 hours a day, consider this amount insufficient. And also that more than 85 % of the students have insomnia symptoms using AIS.

Сон – це активний, оборотний регульований і метаболічно відмінний стан, необхідний для здоров'я та благополуччя. Якісний сон покращує здоров'я серцево-судинної системи, психічне здоров'я, пізнання, консолідацію пам'яті, імунітет, репродуктивне здоров'я та регуляцію гормонів. Розлади сну, такі як безсоння, апное під час сну та розлади циркадного ритму, або порушення сну через вибір способу життя, умови навколишнього середовища чи інші медичні проблеми можуть призвести до значної захворюваності та можуть сприяти або погіршувати захворювання, включаючи психіатричні.

Порушення сну та безсоння все частіше діагностуються в будь-якому віці. Це фактори ризику депресії, психічних розладів, ішемічної хвороби серця, метаболічного синдрому та/або високого кров'яного тиску. Ряд факторів може негативно вплинути на якість сну, зокрема вживання стимуляторів, стрес, занепокоєння та використання електронних пристроїв перед сном. Все більше доказів свідчить про те, що харчування, фізична активність і гігієна сну можуть суттєво впливати на якість сну.

З кожним роком все більше людей скаржаться на погіршення якості сну, різноманітні розлади, а також на безсоння, постійні проблеми зі сном, пробудження вночі і тривалі сновидіння. Погіршення якості сну та захворюваність на безсоння мають

місце в загальній популяції, але частіше вражають жінок і людей старшого віку [7].

Латентність сну – це міра часу, необхідного для входження в сон. Дуже короткі затримки сну вказують на надмірну денну сонливість і патологічні стани сну, такі як нарколепсія.

Наявні дані показують, що до 95 % учнів старшої школи не відповідають вимогам щодо адекватного часу сну [6]. За останні 100 років тривалість сну скоротилася на 1 год в усіх вікових групах [2]. Наявні дані також свідчать про зменшення тривалості сну за останні роки на 10–15 хв і збільшення кількості людей, які сплять менше 6 год [3].

Афінська шкала безсоння (AIS) оцінює порушення нічного сну та денні дисфункції, які виникають принаймні тричі на тиждень, на основі критеріїв Міжнародної класифікації хвороб 10-го видання (МКХ-10). Шкала містить 8 запитань та по 4 відповіді на кожне, які оцінюються балами. Для висновку розраховується сума балів (діапазон: 0–24), причому нижчі бали вказують на менше симптомів безсоння. Гранична оцінка, що відрізняє здорових пацієнтів від тих, хто страждає безсонням, становить 6 балів [8].

До дослідження було залучено студентів вищих навчальних закладів України. Було проведено опитування, в якому прийняло участь 77 людей віком від 16 до 26 років. Серед опитаних 83,1 % (64) – жінки, 16,9 % (13) – чоловіки. Дослідження проводились методом опитування з використанням Google-форм.

Серед опитуваних за суб'єктивними відчуттями лише 14,6 % людей сплять достатню кількість годин. Значна частина опитаних (66,7 %) відчуває нестачу сну принаймні кілька разів на тиждень, від 2 до 5 днів на тиждень. А 18,8 % респондентів сплять достатню кількість годин менше 3 разів на місяць, що продемонстровано на діаграмі (рис. 1). Проте за підрахованою тривалістю сну, шляхом віднімання часу засинання від часу прокидання, 71,4 %, сплять від 7 до 9 год у робочі дні та 63,6 % у вихідні. Також варто зазначити що 24,7 % людей у робочі дні сплять менше 7 год, у той час як у вихідні 34 % опитаних сплять більше 10 год. У той же час 43,8 % опитуваних не задоволені якістю свого сну. А постійно задоволених якістю сну лише 5 осіб (10,4 %). Майже половина респондентів

(45.9 %) задоволені якістю власного сну кілька разів на тиждень, переважно у вихідні дні, коли немає необхідності прокидатися рано на навчання або роботу.

Я сплю достатню кількість годин



Рис. 1. Діаграма "оцінювання достатньої кількості сну"

Майже 30 % опитуваних засинають менш ніж за 10 хв – що є гарним показником для віку від 16 до 26 років. Ще 30.7 % засипають за час до 30 хв. Проте є 19,5 % які записують довше ніж 30 хв, з яких 6,5 % засипають довше, ніж 60 хв (опитуванні вказувати час від 100 до 300 хв). Середній час засипання 27 хв (MIN=1, MAX=180) у робочі дні, а у вихідні дні середній час засипання скорочується до 25,6 хв (MIN=1, MAX = 100).

Оцінивши попередньо наведені дані та деякі інші, що відповідають питанням з Афінської шкали безсоння, серед опитаних з 48 людей лише 7 не мають симптомів безсоння, отриманий ними бал менший або дорівнює 6. Отже, 85,5 % опитаних мають симптоми безсоння в менш чи більш вираженій мірі, що негативно впливає на їхню якість життя.

Список використаних джерел

1. Besedovsky L., Lange T., Born J. Sleep and immune function. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*. 2011. Vol. 463, N 1. P. 121–137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00424-011-1044-0>
2. Ford E. S., Cunningham T. J., Croft J. B. Trends in Self-Reported Sleep Duration among US Adults from 1985 to 2012. *Sleep*. 2015. Vol. 38, N 5. P. 829–832. DOI: <https://doi.org/10.5665/sleep.4684>

3. Gohil A., Hannon T. S. Poor Sleep and Obesity: Concurrent Epidemics in Adolescent Youth. *Frontiers in Endocrinology*. 2018. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00364>

4. Normal multiple sleep latency test values in adults: A systematic review and meta-analysis / A. Iskander et al. *Sleep Medicine*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.06.019>

5. Sleep function: Toward elucidating an enigma / J. M. Krueger et al. *Sleep Medicine Reviews*. 2016. Vol. 28. P. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2015.08.005>

6. Matricciani L., Olds T., Petkov J. In search of lost sleep: Secular trends in the sleep time of school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Reviews*. 2012. Vol. 16, N 3. P. 203–211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.03.005>

7. Behaviorally Assessed Sleep and Susceptibility to the Common Cold / A. A. Prather et al. *Sleep*. 2015. Vol. 38, N 9. P. 1353–1359. DOI: <https://doi.org/10.5665/sleep.4968>

8. Soldatos C. R., Dikeos D. G., Paparrigopoulos T. J. Athens Insomnia Scale: validation of an instrument based on ICD-10 criteria. *Journal of Psychosomatic Research*. 2000. Vol. 48, N 6. P. 555–560. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(00\)00095-7](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(00)00095-7)

Шумак Є., Швець Ю.

e-mail: lizashum33@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОСОБЛИВОСТІ ХАРЧОВОЇ ПОВЕДІНКИ МОЛОДІ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

Shumak Y., Shvets Y. Nutritional behavior of young people in Ukraine during wartime

The ongoing war in Ukraine, which began in 2014 and escalated in 2022, has significantly impacted the daily lives of the population, especially young people. This study revealed a trend of deviation from the principles of healthy eating among the youth. It also highlighted the importance of further research on this topic to better understand the long-term effects of war-related factors on the nutrition and mental well-being of the Ukrainian population.

Умови війни в Україні, що триває з 2014 року та загострилася в 2022 р., значно вплинули на життєвий уклад населення, зокрема

молоді. Війна спричинила зміни в доступності продуктів харчування, економічній стабільності, психоемоційному стані та соціальних умовах життя, що безпосередньо відбивається на харчових звичках.

Для того, аби зрозуміти, з чим ми наразі маємо справу, необхідно з'ясувати взаємозв'язок між війною та продовольчою небезпекою. Продовольча небезпека означає обмежений або нестабільний доступ до поживної їжі в безпечний та соціально прийнятний спосіб [3]. Люди, які живуть в умовах продовольчої небезпеки, часто переживають цикл "бенкет–голод": дефіцит їжі призводить до обмеженого харчування, а приплив їжі – до переїдання.

Стресові ситуації також мають великий вплив на розвиток харчової поведінки і про це свідчать дослідження, які проводилися як під час пандемії COVID-19 [1], так і під час повномасштабного вторгнення [2, 4].

Метою роботи було дослідити особливості харчової поведінки молоді (18–25 років) в умовах війни в Україні. Згідно з метою поставлені такі завдання:

1. Оцінити раціон харчування, режим харчування молодих людей у зимовий період.
2. Порівняти дані щодо харчування та психоемоційного стану.
3. Провести валідацію опитувальника, розробленого кафедрою біомедицини.

Методи дослідження – це розроблений кафедрою біомедицини ННЦ "Інститут біології та медицини" опитувальник, а тривожність оцінювалася за допомогою опитувальника GAD-7 (General Anxiety Disorder). Цільовою групою була молодь 18–25 років, всього опитано 77 респондентів.

Відповідно до проведених нами досліджень було виділено основні теми опитування – регулярність харчування, споживання різних продуктів та тривожність. Виявлено, що 39,6 % опитаних має нерегулярний прийом їжі, 47,9 % не можуть харчуватися у визначений час, 12,5 % молоді взагалі не снідає, а 33,3 % вечеряє після 21:00.

Щодо раціону: овочі щодня вживають 29,2 % респондентів, що частіше за фрукти на 8,4 %. Зелень щодня вживає 12,5 % опитаних, натомість аж 14,6 % їсть її раз на місяць або рідше. Бобові (квасоля,

горох, нут) 39,6 % молоді споживає кілька разів на місяць, а 45,8 % – раз на місяць або рідше. М'ясо птиці щодня їдять на 10,4 % частіше за червоне м'ясо (свиняче, яловиче) – 16,7 % та 6,3 %, відповідно. Рибу 75,1 %, а морепродукти 89,6 % опитаних вживають кілька разів на місяць або рідше. Аж 75 % респондентів щодня або через день їдять кондитерські вироби, 10,4 % – оброблене м'ясо, 6,4 % п'є солодкі газовані напої, а 25 % п'є пакетовані соки принаймні раз на тиждень. Стосовно споживання чаю та води спостерігаємо, що чорний чай щоденно п'ють частіше за зелений (39,6 % та 25,5 % опитаних, відповідно), а воду – 89,6 %.

Аналізуючи рівні тривожності бачимо, що 48,1 % молоді щодня або часто мають почуття тривоги, або нервозності, 19,5 %, щодня занадто переймаються за різні речі (рис. 1), у 9,1 % опитаних щоденні проблеми з розслабленням.

Занадто багато турбуюся про різні речі

77 відповідей

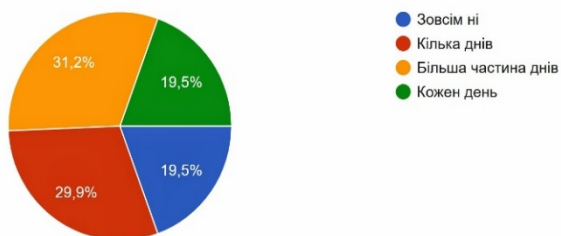


Рис. 1. Рівень тривожності серед опитаних: результати анкетування

Отже, нами було проведено дослідження особливостей харчування молоді України в зимовий період. Близько половини респондентів зазначили, що мають нерегулярні прийоми їжі. Також спостерігалася тенденція до незбалансованого харчування: недостатньо овочів і фруктів, білкової їжі, занадто багато солодощів, водночас рівень тривожності є достатньо високим. Тому надзвичайно важливо популяризувати здорове харчування серед молоді, створювати програми психологічної підтримки та проводити додаткові дослідження для довгострокового моніторингу харчової поведінки населення.

Список використаних джерел

1. Nutrition Behaviors in Polish Adults before and during COVID-19 Lockdown / E. Błaszczyk-Bębenek et al. *Nutrients*. 2020. Vol. 12, N 10. P. 3084. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12103084>

2. War exposure and changes in eating behaviours in Ukrainian school-aged children: A cross-sectional online survey / M. Gulich et al. *Maternal & Child Nutrition*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/mcn.13729>

3. Food Insecurity and Eating Disorders: a Review of Emerging Evidence / V. M. Hazzard et al. *Current Psychiatry Reports*. 2020. Vol. 22, N 12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11920-020-01200-0>

4. How the War in Ukraine Affects Food Security / W. Leal Filho et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, N 21. P. 3996. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12213996>

БІОХІМІЯ,
МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ,
БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ



BIOCHEMISTRY,
MOLECULAR BIOLOGY,
BIOTECHNOLOGY
AND BIOENGINEERING

¹Berketa K., ²Schuba S., ²Illing R., ¹Dzyadevych S.,

¹Soldatkin O., ²Makarov D., ²Baraban L.

e-mail: ksenya.berketa.10@gmail.com

¹Institute of Molecular Biology and Genetics of NASU

²Helmholtz-Zentrum Dresden-Rosendorf

NEW TECHNOLOGY OF SIMULTANEOUS ANTIBIOTIC SCREENING USING MILLIFLUIDIC DROPLET SYSTEM

In recent years, microfluidic systems for the cultivation and study of various bacterial strains have been actively introduced in microbiology. Unlike traditional bioreactors, such devices have a number of advantages: they are automated, allow for faster research, require significantly fewer reagents and materials, and provide high accuracy and repeatability of experiments.

The areas of application of microfluidic technologies are quite extensive. In particular, they are used to study the influence of various factors on the growth of bacterial populations, as well as to analyze the patterns of coexistence of several bacterial strains in a limited environment.

One of the promising areas of research related to the use of microreactors is the parallel testing of the effectiveness of several antibiotics using microdroplet reactors. The essence of the method is to create miniature independent reactors inside one drop, in a number of which it is possible to form concentration gradients of different antibiotics. This approach allows one experiment to study the effect of several drugs on bacteria in a wide range of concentrations. Under strictly controlled parameters, more than 500 experiments can be conducted simultaneously, which significantly speeds up the screening process and increases its efficiency.

The study used three genetically modified strains of *Escherichia coli* capable of secreting fluorescent proteins, which allows real-time observation of bacterial cell growth. To assess the effect of antibiotics on bacterial cultures, three model substances were used: streptomycin, ampicillin, and cefotaxime at concentrations from 0.05 to 1000 µg/ml. A special protocol was also developed for simultaneous monitoring of the action of these drugs, as well as an algorithm for processing and analyzing the results.

The proposed approach made it possible to quickly and accurately determine such important characteristics of a bacterial strain as the minimum inhibitory concentration, the growth phases of the bacterial population, and the overall effectiveness of each antibiotic.

This technology has great potential in clinical diagnostics, pharmacology, the development of new antibacterial drugs, and in fundamental microbiological research.

^{1,2}**Бужак А.**, ^{1,2}**Беркета К.**, ^{1,2}**Ваховський Є.**,
^{1,2}**Дзядевич С.**, ^{1,3}**Солдаткін О.**
e-mail: angelishkabuzh@gmail.com

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

²ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

³Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

РОЗРОБКА АМПЕРОМЕТРИЧНОГО БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ ІММОБІЛІЗОВАНОЇ ЛАКТАТОКСИДАЗИ З ДОДАТКОВОЮ НАПІВПРОНИКНОЮ ПОЛІ-МЕТА-ФЕНІЛЕНДІАМІНОВОЮ МЕМБРАНОЮ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ L-ЛАКТАТУ

Buzhak A., Berketa K., Vakhovskyi Ye., Dzyadevych S., Soldatkin O.
Development of an amperometric biosensor based on immobilized
lactate oxidase with an additional semipermeable poly-meta-
phenylenediamine membrane for L-lactate measurement

In this study, the amperometric biosensor for lactate detection was developed, using immobilized lactate oxidase covalently bound to BSA via glutaraldehyde on platinum disc electrodes, which served as transducers. A semipermeable poly-meta-phenyldiamine membrane was used for avoid the interfering effects of substances in biological fluids. The optimized biosensor features a broad linear range, high sensitivity, and rapid response time, making it suitable for applications in the pharmaceutical, medical, and food industries.

Розробка й оптимізація біосенсорів – приладів для точного вимірювання концентрації аналітів у біологічних зразках – стає дедалі популярнішим напрямом, присвяченим створенню нових

портативних аналізаторів і тест-систем для швидкого, кількісного визначення найбільш важливих метаболітів різноманітних захворювань.

Біологічні рідини у своєму складі містять біохімічні маркери гомеостазу організму. Однією з важливих сполук може виступати молочна кислота або лактат. Підвищений рівень L-лактату в сироватці крові може свідчити про серцево-судинні захворювання, нейродегенеративі хвороби, захворювання шлунково-кишкового тракту, розвиток онкології, ожиріння, діабет другого типу, а також ниркову та дихальну недостатність або гіпоксію тканин [1]. Окрім використання в медичній сфері, L-лактат та його солі набули широкого застосування у харчовій промисловості завдяки своїм антиоксидантним та антибактеріальним властивостям. Наприклад, лактат натрію використовується як харчова добавка E325, що подовжує термін придатності харчових продуктів [2].

Традиційними методами для визначення концентрації лактату у крові, слині або харчових зразках залишаються способи, що фіксують інтенсивність світіння або вимірюють світлопоглинання речовини при певній довжині хвилі: спектрофотометричний, колориметричний та флуориметричний [3], проте стандартні методики характеризуються тривалим часом вимірювання, складністю системи дослідження та дороговизною аналізу, на відміну від електрохімічних біосенсорів, що дозволяють зменшити час вимірювання та полегшити процес аналізу, уникаючи етапів складної пробопідготовки або використання громіздкого обладнання, що потребує кваліфікованого персоналу.

Отже, амперометричні біосенсиори поєднують у собі високу чутливість, швидкість аналізу та компактність.

На достовірність отриманих результатів амперометричного вимірювання можуть впливати електроактивні хімічні речовини, що присутні в біологічних рідинах організму. Тому для покращення роботи біосенсора й усунення інтерферентів, що можуть впливати на його точність, можуть застосовуватись напівпроникні мембрани. Такими молекулами можуть виступати поліанілін або полі-m-фенілендіамін (ПФД), що працюють за принципом молекулярного сита та не дають доступу великим

молекулам до поверхні перетворювача, що можуть створювати неспецифічні сигнали [4]. Тому для створення амперометричного біосенсора було використано напівпроникну полі-мета-фенілендіамінову мембрану, яка зменшує вплив інтерферентів на результати аналізу. На перетворювачі з попередньо нанесеною ПФД мембраною формувалась ферментна мембрана, що відповідала за селективне розрізнення лактату.

Амперометрична система складалася з класичної триелектродної вимірювальної системи: чутливого електрода, електрода порівняння та додаткового електрода, що були поміщені у відкриту вимірювальну комірку з постійним перемішуванням.

Таким чином, вимірювальна установка фіксувала зміну сили струму на поверхні чутливого електрода, що виникала внаслідок ферментативної реакції окиснення L-лактату до L-пірувату та H_2O_2 , що, у свою чергу, окиснювався на поверхні перетворювача.

При оптимізації біосенсора було перевірено вплив іонної сили, буферної ємності розчину та концентрації білка в розчині на величину відгука біосенсора. Було показано, що розроблений лактат-чутливий біосенсор характеризується широким лінійним і динамічним діапазоном, 7–1000 мкМ та 7–2500 мкМ, відповідно, низьким лімітом детекції (7 мкМ) та високою чутливістю до аналіту (362 нА/мМ).

Після перевірки селективності розробленого біосенсора за відсутності та наявності ПФД мембрани на його поверхні було показано, що наявність додаткової мембрани суттєво знижує чутливість біосенсора до інтерферентів, що можуть бути наявними в реальних зразках.

Таким чином, було доведено що розроблений і оптимізований біосенсор може бути успішно застосований у біохімічних дослідженнях, контролю якості харчових продуктів та клінічному аналізі концентрації лактату в біологічних рідинах.

Список використаних джерел

1. Lactate metabolism in human health and disease / X. Li et al. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2022. Vol. 7, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01151-3>

2. Food additives: Assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study / D. Partridge et al. *Nutrition Bulletin*. 2019. Vol. 44, N 4. P. 329–349. DOI: <https://doi.org/10.1111/nbu.12408>

3. Pundir C. S., Narwal V., Batra B. Determination of lactic acid with special emphasis on biosensing methods: A review. *Biosensors and Bioelectronics*. 2016. Vol. 86. P. 777–790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.07.076>

4. Disposable Polyaniline/m-Phenylenediamine-Based Electrochemical Lactate Biosensor for Early Sepsis Diagnosis / P. Thongkhao et al. *Polymers*. 2024. Vol. 16, N 4. P. 473. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16040473>

Ваховський Є., Мруга Д., Дзядевич С., Солдаткін О.

e-mail: genyrud93@gmail.com

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

РОЗРОБКА АМПЕРОМЕТРИЧНОГО БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ ПІРУВАТОКСИДАЗИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПІРУВАТУ

Vakhovskyi Ye., Mruga D., Dzyadevych S., Soldatkin O. Development of an amperometric biosensor based on pyruvate oxidase for the pyruvate determination

In this work, an amperometric pyruvate-sensitive pyruvate oxidase-based biosensor was developed and optimized. Optimal bioselective element immobilization conditions were selected. Substrate, coenzyme, and cofactor concentrations were also determined. The biosensor's main analytical characteristics were analyzed, and the data obtained indicate the technical feasibility and prospects of using the developed biosensor for determining the pyruvate concentration in aqueous solutions.

Піруват – альфа кетокислота, що є продуктом гліколізу та безпосереднім учасником циклу трикарбонових кислот, а також попередником синтезу деяких амінокислот [1, 2]. Через свою надзвичайну важливість і поширеність в організмі молекулу пірувату часто використовують як біомаркер для постановки діагнозу та моніторингу протікання певних патологій (гострої печінкової недостатності, енцефалокардіоміопатії, лактоацидозу,

порушення тканинної перфузії тощо) [3–5]. Серед традиційних методів визначення концентрацій пірувату найпопулярнішим є спектрофотометрія, адже вона характеризується відносно простою пробопідготовкою та здатністю проводити різнопланові аналізи на одному обладнанні. Проте цей метод також має певні недоліки, наприклад, необхідність громіздкого складного обладнання та кваліфікованого персоналу. Натомість все більшої популярності набувають біосенсорні методи аналізу. Біосенсиори практично позбавлені вищенаведених недоліків, вони мініатюрні, прості у використанні, забезпечують швидкий та селективний аналіз. Тому було вирішено розробити біосенсор для визначення концентрацій пірувату у водних розчинах.

У роботі було розроблено амперометричний піруват-чутливий біосенсор. Для аналізу використовувалась триелектродна система амперометричного аналізу, що складається з робочого електрода, електрода порівняння (Ag/AgCl) і додаткового платинового електрода. Робочий електрод виконує функцію анода, на якому відбувається розкладання H_2O_2 , що утворюється в ході ферментативної реакції. Додатковий платиновий електрод (катод) забезпечує замикання електричного кола. Ag/AgCl електрод порівняння використовується як точка відліку при прикладенні потенціалу, за рахунок постійно оновлюваної поверхні він завжди має сталий заряд. Всі електроди під'єднуються до потенціостату через 8-канальний мультиплексор, котрий дозволяє отримувати сигнал з кількох робочих електродів одночасно. Біоселективний елемент був створений шляхом змішування ферментного гелю піруватоксидази, отриманої з *Aerococcus viridans*, з полімером PVA-SBQ та подальшої фотополімеризації отриманої суміші на поверхні робочого електрода. Концентрація пірувату в робочий комірці визначалась шляхом реєстрації зміни величини струму в системі у відповідь на окиснення продукту ПОкс (пероксиду водню) (рис. 1).

Було підібрано оптимальний спосіб іммобілізації ферменту, а саме, концентрацію та співвідношення фотополімеру і ферментного гелю. Також були підібрані оптимальні концентрації коферментів / кофакторів та субстратів, необхідних для протікання

реакції. Було вибрано тип робочого буферу та оптимізовано його параметри для підвищення чутливості біосенсора.

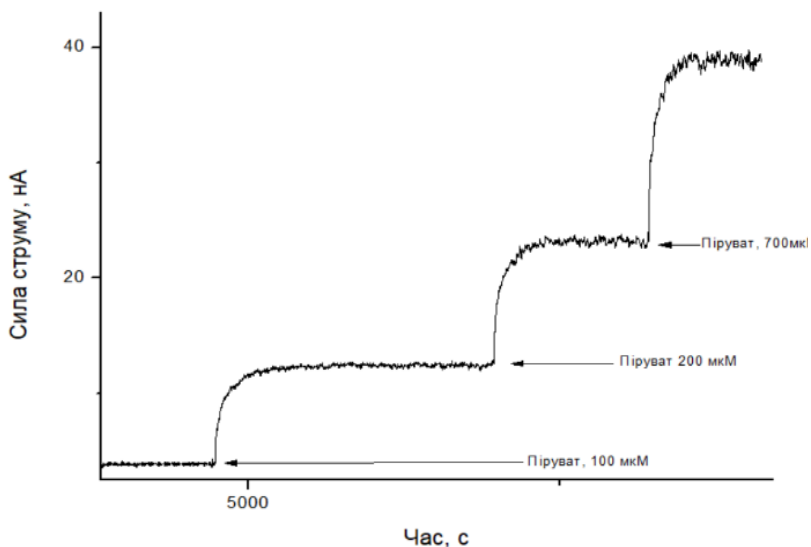


Рис. 1. Типовий відгук біосенсора на різні концентрації пірувату. Концентрація фосфат іонів – 5 мМ, ТПФ – 2 мМ, магнію – 0,5 мМ. Вимірювання проводились у 25 мМ HEPES буфері, рН 7.4, за постійного потенціалу +0,6 В щодо Ag/AgCl електрода порівняння

Зрештою, було проаналізовано основні аналітичні характеристики розробленого амперометричного біосенсора (табл. 1). Лінійний діапазон визначення пірувату становив 10–500 мкМ (що дозволяє детектувати як нормальні, так і патологічні рівні пірувату в сироватці), а чутливість – $66 \pm 7,85$ нА/мМ, за часу відгуку $90,3 \pm 16,45$ с. Мінімальна межа біосенсорного визначення становила 1,57 мкМ пірувату.

Таким чином, було доведено, що розроблений біосенсор характеризується гарними аналітичними характеристиками й є перспективним для вимірювання концентрацій пірувату у водних середовищах.

Таблиця 1. Аналітичні характеристики розробленого біосенсора для визначення концентрації пірувату

Аналітичні характеристики	
Чутливість, нА/мМ	66 ± 7,85
Лінійний діапазон, мкМ	10–500
Мінімальна межа визначення, мкМ	1,57
Динамічний діапазон, мкМ	1,57–5000
Відтворюваність іммобілізації, ± %	12,5
Відтворюваність відгуків, ± %	5,46
Струм базової лінії, нА	4,25 ± 0,75
шум базової лінії, нА	0,45 ± 0,15
Шум відгуку, нА	0,65 ± 0,25
Час відгуку, с	90,3 ± 16,45
Тривалість аналізу, с	711

Робота виконана в рамках бюджетної програми КПКВК 6541230 "Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок".

Список використаних джерел

1. Gray L. R., Tompkins S. C., Taylor E. B. Regulation of pyruvate metabolism and human disease. *Cell. Mol. Life Sci.* 2014. Vol. 71. P. 2577–2604.
2. Hayamizu K. Amino acids and energy metabolism: an overview. *Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity*. 2017. P. 339–349.
3. Lactate and Lactate: Pyruvate Ratio in the Diagnosis and Outcomes of Pediatric Acute Liver Failure / A. G. Feldman et al. *The Journal of Pediatrics*. 2017. Vol. 182. P. 217–222.e3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.12.031>
4. Increased circulating pyruvate concentration (Concept Id: C1849488) – MedGen – NCBI. *National Center for Biotechnology Information*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/medgen/376596> (date of access: 28.03.2025).
5. Diagnostic Accuracy of Blood Lactate-to-Pyruvate Molar Ratio in the Differential Diagnosis of Congenital Lactic Acidosis / F.-G. Debray et al. *Clinical Chemistry*. 2007. Vol. 53, N 5. P. 916–921. DOI: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2006.081166>

¹Вітюк А., ¹Бородін С., ²Цибенко Л.,
³Драницина А., ¹Юет А., ¹Дворщенко К.
e-mail: nastavituk730@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
²Ліцей № 225 Оболонського району міста Києва,
³Дистанційний коледж OPTIMA

ОКИСНЕННЯ БІЛКІВ У СИНОВІАЛЬНІЙ РІДИНІ РЕКОВАЛЕСЦЕНТНИХ ПАЦІЄНТІВ З ОСТЕОАРТРИТОМ ПІСЛЯ COVID-19

**Vitiuk A., Borodin S., Tsibenko L., Dranitsina A., Huet A.,
Dvorshchenko K. Protein oxidation in the synovial fluid of convalescent
patients with osteoarthritis after COVID-19**

This study assessed the level of protein oxidation products in the synovial fluid of osteoarthritis patients after COVID-19. It was found that increased free radical activity in this group promoted protein oxidation, leading to a disruption of the redox balance and oxidative stress compared to osteoarthritis patients without prior COVID-19.

Коронавірусна хвороба 2019 р. (Coronavirus disease 2019, COVID-19), спричинена коронавірусом 2, що викликає тяжкий гострий респіраторний синдром (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2, SARS-CoV-2), була вперше виявлена в грудні 2019 року в Китаї (м. Ухань). Це захворювання швидко поширилось у всьому світі, що призвело до пандемії, та створило серйозну загрозу для здоров'я мільйонів людей. Оскільки пандемія COVID-19 була непередбачуваною та безпрецедентною світовою кризою, то не існувало встановлених методів лікування чи вакцин. Відтоді хвороба спричинила тисячі смертей і зруйнувала кілька систем охорони здоров'я та економік [2].

З моменту піку пандемії COVID-19 рівень зараження SARS-CoV-2 та пов'язані з ним показники смертності знизилися. Однак суспільство все ще перебуває під загрозою через постійну еволюцію SARS-CoV-2 та зростання кількості нових варіантів SARS-CoV-2. Крім того, значна кількість людей зараз відчувають тривалі симптоми COVID-19 навіть після одужання від гострої

фази захворювання. Як наслідок, COVID-19 залишається проблемою громадського здоров'я [5].

Згідно з проведенням аналізом клінічної симптоматики у пацієнтів з COVID-19 близько 15 % з них мали симптоми ураження скелетно-м'язової системи: міалгії, артралгії, набряк поверхні суглобу та розвиток реактивних артритів [3, 4]. Отже, SARS-CoV-2 може виступати у ролі тригера, що провокує ураження опорно-рухового апарату людини. Також COVID-19 у людей з коморбідними хворобами, зокрема з остеоартритами, може спровокувати більш важкий перебіг хронічного захворювання. Відомо, що у формуванні остеоартриту важливу роль відіграють вільнорадикальні процеси, які активуються внаслідок запалення [1]. Чутливими до вільних радикалів є білкові молекули, які зазнають різних модифікацій, індукованих окисненням. Це призводить до порушення первинної, вторинної та третинної структур білків, що спричинює їх агрегацію, фрагментацію.

Тому метою роботи було визначити вміст продуктів окиснення білкових молекул у синовіальній рідині рековалесцентних пацієнтів з діагнозом остеоартрит після COVID-19.

У дослідженні брали участь 36 пацієнтів (середній вік пацієнтів у групі становив 50 років), які перебували на лікуванні в ортопедичному спеціалізованому медичному центрі "Ортоклініка" (Тернопіль, Україна). Усі учасники дослідження надалі були поділені на дві групи. Перша група ($n = 24$) – пацієнти з остеоартритом колінних суглобів II–III ступеня. Друга група ($n = 18$) – пацієнти з остеоартритом колінних суглобів II–III ступеня, які перенесли легку та середньотяжку форму COVID-19 6–9 місяців тому. Діагноз COVID-19 був підтверджений молекулярним аналізом (RT-PCR) мазка з носоглотки. Збір біологічного матеріалу проводився на базі спеціалізованого медичного центру "Ортоклініка", м. Тернопіль, Україна. Синовіальну рідину збирали у стерильні пробірки з гепарином шляхом артроцентезу колінного суглоба відповідно до стандартних протоколів обробки.

У клітинах синовію визначали рівень експресії генів PTGS2 (циклооксигеназа 2) та NOS2 (індуцибельна NO-синтаза)

методом кількісної полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі (Real-time PCR, кПЛІР) з використанням комерційного набору "Thermo Scientific Verso SYBR Green 1-Step qRT-PCR ROX Mix" ("Thermo Scientific", Литва) за рекомендованих фірмою-виробником температурних умов. У реакціях було використано такі послідовності праймерів:

- для Ptgs2 – прямий – TGCTGTTCCAACCCATGTCA та зворотний – TGTCAGAAACTCAGGCGTAGT;
- для Nos2 – прямий – GTGTTCCACCAGGAGATGTTG та зворотний – CTCCTGCCCACTGACTTCGTC;
- для АСТВ (ген β -актину, який використовують як внутрішній контроль реакції завдяки конститутивній експресії) прямий – CTTCCAGCTCCTCCCTGGAG і зворотний – CCACAGGACTCCATGCCAG.

Вміст продуктів окисної модифікації білків визначали за рівнем карбонільних похідних, які виявляються в реакції з 2,4-динітрофенілгідразином. Вміст загальних, білок-зв'язаних та небілкових сульфгідрильних (SH)-груп вимірювали за методом Елмана. Отримані дані тестували на нормальне розподілення за допомогою тесту Шапіро–Вілکا з використанням програмного пакета "GraphPad Prism 8.4.3". Подальший обрахунок результатів відбувався за допомогою Н-критерію Крускала–Уолліса з пост-тестом Данна. Результати вважали значущими, коли $p \leq 0,05$

Для розуміння молекулярних механізмів розвитку запалення та вільнорадикальних процесів у клітинах синовіальної рідини рековалесцентних пацієнтів з остеоартритами після COVID-19, ми проаналізували дані експресії генів PTGS2 та NOS2. У ході проведених експериментальних досліджень встановлено, що в осіб з остеоартритом, які перехворіли COVID-19, у клітинах синовіальної рідини зростає рівень експресії гена PTGS2 – у 1,4 раза та рівень експресії гена NOS2 – у 1,2 раза порівняно з групою хворих на остеоартрит. Продемонстровано, що в групі рековалесцентних пацієнтів з діагнозом остеоартрит після COVID-19, у синовіальній рідині вміст продуктів окисної модифікації білків збільшується: нейтральних альдегідних продуктів – у 1,4 раза, нейтральних кетонних продуктів –

у 1,5 раза, основних альдегідних продуктів – у 1,7 раза, основних кетонних продуктів – у 1,4 раза порівняно з даними показниками в синовіальній рідині осіб з остеоартритом. Показано, що у синовіальній рідині осіб з остеоартритом після перенесеної хвороби COVID-19, вміст сульфгідрильних груп знижується: небілкових SH-груп – у 1,4 раза, білкових і загальних SH-груп – у 1,6 раза щодо групи пацієнтів з остеоартритом.

Встановлено, що у рековалесцентних пацієнтів з діагнозом остеоартрит колінних суглобів після COVID-19, у синовіальній рідині активуються вільнорадикальні процеси, що призводить до окиснення білкових молекул. Це свідчить про більш інтенсивне порушення окисно-антиоксидантного балансу в синовіальній рідині суглобу та розвиток окисного стресу у таких пацієнтів порівняно з групою осіб з остеоартритом, що не інфікувалися вірусом SARS-CoV-2.

Список використаних джерел

1. Ansari M. Y., Ahmad N., Haqqi T. M. Oxidative stress and inflammation in osteoarthritis pathogenesis: Role of polyphenols. *Biomed. Pharmacother.* 2020 Vol. 129. P. 110452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110452>
2. Comprehensive Review of COVID-19: Epidemiology, Pathogenesis, Advancement in Diagnostic and Detection Techniques, and Post-Pandemic Treatment Strategies / Y.-S. Chung et al. *International Journal of Molecular Sciences.* 2024. Vol. 25, N 15. P. 8155. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25158155>
3. Farisogullari B., Pinto A. S., Machado P. M. COVID-19-associated arthritis: an emerging new entity? *RMD Open.* 2022. Vol. 8, № 2. P. e002026. DOI: <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2021-002026>
4. Post-COVID-19 arthritis: a case report and literature review / M. Gasparotto et al. *Clinical Rheumatology.* 2021. Vol. 40, N 8. P. 3357–3362. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10067-020-05550-1>
5. Peluso M. J., Deeks S. G. Mechanisms of long COVID and the path toward therapeutics. *Cell.* 2024. Vol. 187, № 20. P. 5500–5529. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.07.054>

^{1,2}**Книр І.,** ¹**Архипова В.,**
¹**Солдаткін О.,** ^{1,2}**Дзядевич С.**
¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
^{1,2}Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
e-mail: iraknp125@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ КРЕАТИНІНДЕІМІНАЗИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРЕАТИНІНУ В ЗРАЗКАХ СИРОВАТКИ КРОВІ

Knir I., Arkhypova V., Soldatkin O., Dzyadevych S. Optimization of characteristics of potentiometric biosensor based on creatinine deiminase for the determination of creatinine in blood serum samples

This study investigates the optimization of a potentiometric biosensor for the determination of serum creatinine. Different methods of creatinine deiminase immobilization have been compared. The best results were demonstrated by 2 methods of immobilization: cross-linking in glutaraldehyde droplets and entrapment of the enzyme in PVA/SbQ photopolymer. These two methods could be considered the most promising for further studies with blood samples.

Креатинін є одним із важливих біомаркерів для оцінювання роботи нирок, м'язового метаболізму та загального стану організму. Підвищення рівня креатиніну в сироватці крові може свідчити про токсичне ураження або хронічні захворювання нирок. Крім того, можливість швидкого моніторингу рівня креатиніну важлива при післяопераційній та спортивній реабілітації [1].

Традиційні аналітичні методи дослідження концентрації креатиніну, такі як колориметричне визначення, високоефективна рідинна хроматографія, капілярний електрофорез, мас-спектрометрія тощо, мають деякі недоліки, а саме: складність підготовки зразків, висока вартість обладнання та неможливість моніторингу креатиніну у режимі реального часу. Все це обумовлює актуальність розробки біосенсорних експрес-методів для аналізу креатиніну [2].

Для дослідження концентрації креатиніну в роботі використовували потенціометричний біосенсор на основі рН-чутливих польових транзисторів (рН-ПТ). Принцип його роботи полягає в реєстрації зміни рН у біоселективній мембрані внаслідок ферментативного гідролізу креатиніну за допомогою креатинінідемінази (КД) [3].

Було досліджено різні методи іммобілізації ферменту: ковалентне зшивання в краплі глутарового альдегіду (ГА), іммобілізацію в парах ГА та захоплення ферменту у фотополімер PVA/SbQ. Усі сенсори демонстрували подібний діапазон вимірювань (0,01–3,0 мМ) (рис. 1), швидкий час відгуку (1–3 хв) і високу операційну стабільність (відносне стандартне відхилення не перевищувало 5 %).

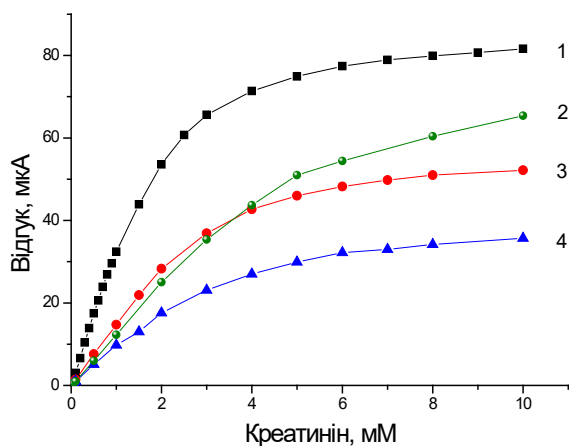


Рис. 1. Калібрувальні графіки для різних методів іммобілізації КД (1 – ковалентне зшивання в краплі ГА; 2, 3 – захват у фотополімері PVA/SbQ за двома різними процедурами; 4 – ковалентне зшивання в насичених парах ГА). Вимірювання проводили в 5 мМ калій-фосфатному буфері, рН 7,2

Найкращу чутливість продемонстрував біосенсор, виготовлений методом ковалентного зшивання КД у краплі ГА. Мінімальна межа визначення креатиніну при цьому становила 5 мкМ, тоді як при іммобілізації в парах ГА і при

фотополімеризації вона була 15 мкМ і 10 мкМ, відповідно. Найкращу стабільність при зберіганні демонстрували сенсори з іммобілізацією в краплі ГА та іммобілізацією у фотополімері PVA/SbQ (більше 150 діб), тоді як сенсори, іммобілізовані в парах ГА через 100 діб втрачали 50 % своєї активності.

За результатами дослідження можна виділити два пріоритетних методи іммобілізації креатиніндеїмінази, а саме: ковалентне зшивання в краплі ГА і захват ферменту у фотополімер PVA/SbQ, з якими ми в подальшому проводили дослідження з оптимізації характеристик біосенсора для роботи з реальними зразками.

На першому етапі досліджували реакцію сенсора на внесення в комірку кожного з компонентів крові та їх вплив на величину відгуку на креатинін. Результати продемонстрували, що більшість з них мали незначний вплив на величину відгуку, але деякі з компонентів можуть суттєво впливати на кінетику відгуків.

Для подальших досліджень було виготовлено розчин штучної сироватки крові на основі її хімічного складу, окрім креатиніну. Порівнювали відгуки сенсора на додавання розчину креатиніну; зразка штучної крові при розведенні в 10 разів і додавання субстрату після виходу сигналу на плато; додавання штучної крові з креатиніном у суміші (рис. 2).

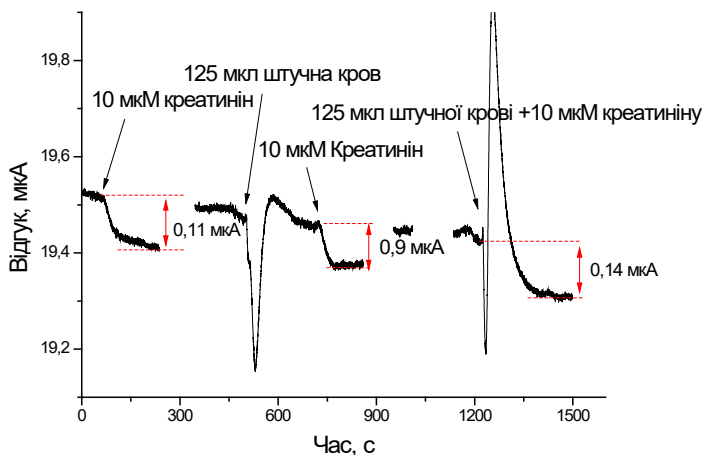


Рис. 2. Типова сенсограма досліджень зі штучною сироваткою

Після аналізу результатів, отриманих у ході експериментів зі штучною кров'ю, були проведені попередні вимірювання концентрації креатиніну в зразках сироватки крові.

Найкращі результати при роботі з модельними об'єктами показали сенсори, створені методом іммобілізації захвату в фотополімер PVA/SbQ. Проте при вимірюваннях реальних зразків більш точні результати були отримані за допомогою біосенсорів з іммобілізацією фермента в краплі глутарового альдегіду (похибка вимірювань становила 21–29 %).

Результати дослідження демонструють важливість проведення експерименту в умовах, що максимально наближені до реальних. Отримані результати вказують на перспективність біосенсорного підходу, проте для підвищення точності вимірювань необхідне проведення подальших досліджень з більшою кількістю зразків та оптимізацією методів іммобілізації.

Роботу частково виконано за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках конкурсу проєктів НДР "Наука для безпеки і сталого розвитку України" (проєкт № 2021.01/0010).

Список використаних джерел

1. The Metabolism of Creatinine and Its Usefulness to Evaluate Kidney Function and Body Composition in Clinical Practice / M. Ávila et al. *Biomolecules*. 2025. Vol. 15, N 1. P. 41. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom15010041>
2. Назаренко О., Сергєєва Т., Солдаткін О. Креатинін та методи його визначення. *Біотехнологія*. 2009.
3. Enzyme biosensors based on ion-selective field-effect transistors / S. V. Dzyadevych et al. *Analytica Chimica Acta*. 2006. Vol. 568, N 1-2. P. 248–258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.057>

"HAIRY" ROOT CULTURE OF *SCUTELLARIA ALTISSIMA* FOR HIGH-LEVEL FLAVONOID PRODUCTION

Modern pharmaceutical industry offers a wide range of chemical-based medicines that are characterized by their rapid effect on human body but at the same time they are known by the side effects and contraindications. So that the search for effective herbal medicines with little-to-no side effects is becoming increasingly important.

Recent studies of antibacterial and antioxidant effects of *Scutellaria altissima* extracts have shown these mechanisms being based on the effect of flavonoid substances (scutellarin, vogonin, baicalin and baicalein) [1]. These substances were shown to be accumulated mostly in root tissues of these plants. Therefore, the obtaining of "hairy" root culture (that is known for its relatively low-cost cultivation due to its hormone-free rapid growth) seems to be quite promising. This way, *A. rhizogenes*-mediated genetic transformation can be used in order to obtain "hairy" root cultures of *S. altissima* and *S. albidula*, which could be considered as promising producers of the compounds with antioxidant and antiviral properties [5]. However, the problem of genetic transformation effect on the accumulation levels of biologically active compounds in the plants remains unstudied.

The aim of our study was to obtain transgenic root culture of *Scutellaria* and compare the level of accumulation of biologically active compounds in the obtained transgenic root and intact root cultures.

All the studies were carried out in the Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine and in Kyiv Palace Children and Youth.

Scutellaria plants were introduced into *in vitro* culture by surface sterilization of seeds of two *Scutellaria* L. species (*S. albidula*, *S. altissima*). Plants were cultivated on Murashige-Skoog medium [2] at 18–20 °C, 16-hour photoperiod. We used 6–12 week plants for further genetic transformation. The overnight bacterial suspension culture (*Agrobacterium rhizogenes* A4 strain) was sedimented by

centrifugation for 10 min. (4000 rpm), then the precipitate was resuspended in liquid MS medium. The plant explants were cocultivated with bacterial suspension in orbital shaker (150 rpm) for 48 hours at 28 °C. Subsequently, the explants were transferred to MS agar medium with the addition of 400 mg/L of antibiotic cefotaxime for bacteria elimination.

The plant material was weighed, homogenized in 96 % ethanol and centrifuged, and then the supernatant was used for biochemical analysis. In order to analyze the flavonoid content in the transgenic root culture and in intact root lines, we used spectrophotometric method based on the property of flavonoids to form a colored complex with alcoholic solution of aluminum chloride [3].

We carried out *A. rhizogenes*-mediated genetic transformation for *S. altissima* and *S. albida* plants. The initiation of root culture was observed on *S. altissima* and *S. albida* plant explants in three weeks after transformation. The obtained roots were characterized by *Ri*-phenotype (such as rapid growth, hairiness and no geotropism) (Fig. 1).



Fig. 1. Initiation of hairy root formation in *S. altissima* and *S. albida* explants

To confirm the transgenic nature of the obtained root cultures we performed PCR analysis (fragment size 780 bp, nucleotide sequence of primers: 5'-atggatcccaaatgtctattccttccacga-3', 5'-ttaggctctttcttcaggtttactgcagc-3') (Fig. 2).

PCR analysis proved the transgenic nature of the obtained root culture by the presence of *Agrobacterium rolB* gene. In order to analyze the content of flavonoids in the transgenic root and intact root cultures the spectrophotometric method was used [3] (Fig. 3). This

way the significantly higher flavonoid content was proved for the *Ri*-root culture comparing to the roots of plants grown *in vitro* for *S. altissima* plants.

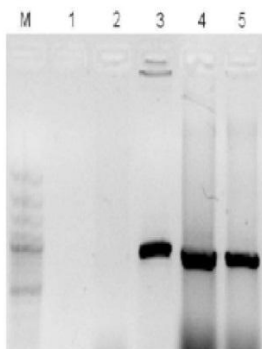


Fig. 2. Electrophoregram of PCR analysis for the presence of *rolB* gene (b): M– Marker (1 kb Plus DNALadder, Fermentas), 1 – negative control (sample without DNA), 2 – negative control (DNA of a non-transformed plant), 3 – positive control (plasmid DNA (A4)), 4-5 – DNA of the analyzed samples of the "hairy" root culture

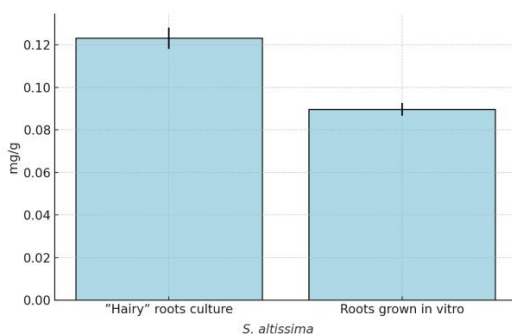


Fig. 3. Flavonoid content in extracts of transgenic roots and roots of plants grown *in vitro*

The obtained data allow us to consider the transgenic root culture of *Scutellaria altissima* L. as pharmacologically promising one as it was characterized by the high content of flavonoids and beneficial characteristics of cultivation.

References

1. Georgieva Y. P. *Scutellaria altissima* L. (Lamiaceae) – source of biologically significant Flavonoids and Diterpens : Doctor of Philosophy. Plovdiv, 2021. 126 p.
2. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15(3). P. 473–97.
3. Pękal, A., Pyrzynska, K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods.* 2014, Vol. 7. P. 1776–1782.
4. The genus *Scutellaria* an ethnopharmacological and phytochemical review / X. Shang et al. *Journal of Ethnopharmacology.* 2010. Vol. 128, N 2. P. 279–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.006>
5. Hairy Roots *Scutellaria* spp. (Lamiaceae) as Promising Producers of Antiviral Flavones / A. Y. Stepanova et al. *Molecules.* 2021. Vol. 26, N 13. P. 3927. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26133927>

¹Литвин С., ²Титоренко І., ¹Ковалевська Л.

e-mail: s.lytvyn2@gmail.com

¹Інститут експериментальної патології,
онкології і радіобіології ім. Р.С. Кавецького НАН України,

²Державне некомерційне підприємство
"Національний інститут раку"

ВИЯВЛЕННЯ ТРАНСКРИПЦІЙНИХ ФАКТОРІВ PU.1, SPI-B ТА EBF1 У ЗЛОЯКІСНО ТРАНСФОРМОВАНИХ В-ЛІМФОЦИТАХ ПРИ ХРОНІЧНОМУ ЛІМФОЛЕЙКОЗІ

Lytvyn S., Titorenko I., Kovalevska L. Detection of transcription factors PU1, SPIB and EBF1 in malignantly transformed B-lymphocytes in chronic lymphocytic leukemia

The question of why transformed B-lymphocytes of chronic lymphocytic leukemia (CLL) do not undergo apoptosis and, in turn, are not activated, remains open. We found that PU.1, EBF1 and Spi-B expression in CLL is downregulated, that indicates a significant disruption of normal B-cell differentiation.

Лікування онкогематологічних захворювань є однією з найскладніших проблем сучасної медицини. На сьогодні найбільш поширеною формою гемобластозів у країнах Європи та в Україні є хронічний лімфолейкоз (ХЛЛ) – близько 30 % від усіх випадків онко-гематологічних захворювань. Частота захворюваності

становить приблизно 4.2 на 100 000 населення (5.0 для чоловіків та 3.5 для жінок). ХЛЛ включає порушення регуляції різних сигнальних каскадів у В-клітинах, що призводить до їх тривалого виживання. ХЛЛ характеризується акумуляцією лейкоемічних В-ліфоцитів, які експресують на поверхні CD5, CD19 та CD23. При цьому спостерігають клональне проліферування В-клітин у кістковому мозку. Незважаючи на майже сторічну історію діагностики ХЛЛ, досі повністю не відомі молекулярні механізми, що обумовлюють появу і властивості таких лейкоемічних клітин. Питання, чому трансформовані В-лімфоцити не входять у апоптоз та, у свою чергу, не активуються, досі залишається відкритим.

Метою дослідження було дослідити експресію транскрипційних факторів, які можуть бути залучені до процесів апоптозу та активації зрілих В-лімфоцитів при ХЛЛ.

Дослідження було проведене на 20 зразках крові від пацієнтів із хронічним лімфолейкозом, які перебували на лікуванні в Національному інституті раку та дали інформовану згоду на використання клінічних даних у наукових цілях. У роботі було використано методи зворотної транскрипції та кількісної полімеразної ланцюгової реакції в режимі реального часу для виявлення відносної експресії транскрипційних факторів *PU1*, *SPiB* та *EBF1* на рівні мРНК у периферичній крові пацієнтів. Розрахунок даних проводили за методом $\Delta\Delta C_t$ з *TBP* як референтний ген.

Було виявлено низьку експресію *PU.1* у 7,5 раза порівняно з умовно нормальними В-лімфоцитами, виділеними з периферичної крові за низької експресії *Spi-B* (у 4 рази) та низьку експресію *EBF1*, що свідчить про змінений транскрипційний ландшафт, зміщений у бік більш незрілого фенотипу В-клітин, який, можливо, сприяє виживанню. Комбіноване зниження *PU.1*, *EBF1* і *Spi-B* у клітинах ХЛЛ свідчить про те, що програма диференціювання ХЛЛ порушується на кількох етапах. Клітини ХЛЛ часто зберігають характеристики незрілих В-клітин або В-клітин ранньої стадії, що призводить до їх накопичення та клональної експансії в периферичній крові. Блокування дозрівання та функціонування: нездатність експресувати ключові транскрипційні фактори, залучені до диференціювання В-клітин, імовірно, призводить до збою у створенні функціональних підмножин В-клітин, таких як плазматичні клітини або В-клітини зародкового центру. Це сприяє

імунодефіциту, який спостерігається при ХЛЛ, оскільки нормальна імунна відповідь порушується. При прогресуванні захворювання ці аномалії транскрипції також можуть сприяти резистентності до апоптозу, що спостерігається при ХЛЛ, оскільки аномальна диференціація може зробити злякано трансформовані В-лімфоцити менш чутливими до нормальних регуляторних механізмів і лікування.

Зниження експресії *PUL1*, *EBF1* і *Sp1-B* при ХЛЛ вказує на значне порушення нормальної диференціації В-клітин. Це сприяє незрілому фенотипу клітин ХЛЛ і свідчить про те, що порушення регуляції ключових факторів транскрипції може бути рушійною силою патогенезу та персистенції захворювання. Ці клітини радше менш реагують на передачу сигналів від BCR та більш адаптовані, відповідно, потенційно більш агресивні.

Робота виконана в межах гранту № 0124U003787 НФДУ "Активация сигнальных каскадов для елімінації трансформованих В-клітин при хронічному лімфолейкозі".

Маліцька Ю., ²Скиданович О., ²Тукало М.
e-mail: jmalitska@gmail.com

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ T7 РНК-ПОЛІМЕРАЗИ *IN VITRO*

Malitska Y., Skydanovych O., Tukalo M. Purification and activity assay of T7 RNA Polymerase in vitro

T7 RNA polymerase is a highly specific enzyme widely used in molecular biology for in vitro transcription. It recognizes only the T7 promoter and initiates RNA synthesis without the need for additional proteins, making it suitable for research and biotechnology. The aim of this study was to obtain recombinant T7 RNA polymerase through expression in Escherichia coli and purified using affinity chromatography. The enzyme's activity was evaluated by testing its ability to transcribe RNA from a DNA template under controlled conditions. The results confirmed that the obtained enzyme retained its transcriptional activity. The approach may serve as a foundation for producing functional T7 RNA polymerase for various research applications.

Т7 РНК-полімераза є ДНК-залежною РНК-полімеразою, що кодується бактеріофагом Т7. Вона відіграє важливу роль у процесах транскрипції, синтезуючи молекули РНК. Цей фермент є зручним інструментом для вивчення структурних аспектів транскрипції. Він характеризується високою специфічністю до свого промотора та високою продуктивністю, що робить отримання рекомбінованих продуктів більш ефективним [2]. На відміну від бактеріальних чи еукаріотичних РНК-полімераз, Т7 РНК-полімераза складається з однієї субодиниці та не потребує додаткових факторів для транскрипції, що спрощує її використання в дослідженнях [1]. Крім того, вона характеризується можливістю включати модифіковані нуклеотиди. Отриманий очищений продукт Т7 РНК-полімерази знаходить застосування в різних задачах молекулярної біології, наприклад для синтезу міченої РНК, яка використовується для *in vitro* РНК трансляції, гібридизації або як матрицю для секвенування геномної ДНК.

Метою роботи було отримати очищений активний препарат рекомбінантної Т7 РНК-полімерази з клітин *Escherichia coli* та перевірити її функціональну активність.

Рекомбінантну Т7 РНК-полімеразу отримали шляхом експресії в клітинах *Escherichia coli* штаму М15, трансформованих плазмідною рQE з нуклеотидною послідовністю, яка кодує Т7 РНКП. Індукцію експресії проводили додаванням ІПТГ за 37 °С. Після культивування клітини осаджували центрифугуванням і лізували буфером, який додатково містив лізоцим, коктейль інгібіторів протеаз та детергент CHAPS. Лізат очищували методом афінної хроматографії з використанням Ni-NTA-матриці, що зв'язується з His-тагованим білком. Очищення контролювали методом електрофорезу в денатуруючих умовах. Концентрацію білка визначали за допомогою методу Бредфорда. Функціональну активність ферменту перевіряли *in vitro* транскрипцією з використанням плазмідної ДНК та аналізом синтезованої РНК.

У ході дослідження успішно отримали та очистили рекомбінантну Т7 РНК-полімеразу з клітин *E. coli* штаму М15, що підтверджується як кількісними, так і якісними показниками.

Загальна кількість отриманого ферменту становила 32,8 мг, що свідчить про ефективність обраної стратегії експресії та очищення білка. Застосування Ni-NTA афінної хроматографії дозволило отримати препарат високої чистоти, що видно з електрофореграми на рис. 1: білок візуалізується в лізатах (треки 2, 3) та найбільшу його кількість можна спостерігати у середніх елюатах (трек 7). Отриманий препарат був чистим, без домішок, що видно з чітких смуг без супутніх білків.

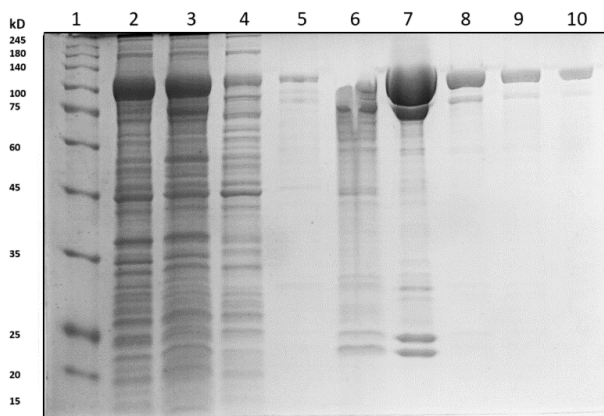


Рис. 1. Електрофореграма результатів отримання та очищення T7 РНК полімерази

Функціональна активність ферменту підтверджена успішною транскрипцією тРНК_{Лей} *in vitro* (рис. 2): у результаті реакції виявили транскрипт, ідентичний контрольному зразку (трек 2), що свідчить про здатність ферменту ініціювати та здійснювати синтез РНК з матриці ДНК. Це вказує на збереження його біологічної активності після процесу експресії та очищення.

Окрему увагу приділили перевірці нуклеазної активності: у відповідній пробі (трек 3) жодних ознак деградації РНК не виявили. Це підтверджує належну якість очищення та відсутність контамінуючих ферментів, здатних деградувати РНК. Відсутність таких домішок підтверджує ефективність обраного методу очищення та високу чистоту ферменту.

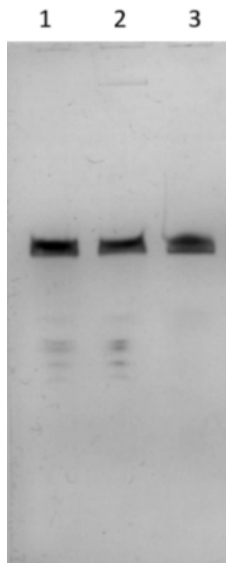


Рис. 2. Електрофореграма зразків, отриманих після тестової транскрипції тРНК^{Лей} із використанням Т7 РНК-полімерази *in vitro*

У результаті роботи успішно отримали та очистили препарат Т7 РНК-полімерази з клітин *E. coli* штаму М15. Проведений аналіз підтвердив високу чистоту та функціональну активність ферменту, що дозволяє використовувати його для *in vitro* транскрипції, синтезу РНК та інших молекулярно-біологічних застосувань.

Список використаних джерел

1. Borkotoky S., Murali A. The highly efficient T7 RNA polymerase: A wonder macromolecule in biological realm. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 118. P. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.198>
2. Sastry S., Ross B. M. Probing the Interaction of T7 RNA Polymerase with Promoter†. *Biochemistry*. 1999. Vol. 38, N 16. P. 4972–4981. DOI: <https://doi.org/10.1021/bi9823941>

CONSUMPTION OF TASTE AND AROMATIC ADDITIVES IN MEDICINES

Relevance. Following the International Pharmaceutical Excipients Council (IPEC), excipients are any component used during the production procedure or included in a finished medicinal formulation but which is not an active ingredient or a prodrug. Another of the classes, organoleptic compliance, gives medicines flavor and color [3].

The study of taste and aromatic additives, their components, and their effects on the human body helps to improve medicines, making them more effective, convenient, and attractive in pediatrics and geriatrics.

Aim. To analyze the variety and impact of common flavoring additives on the perception of medicines, their safety, and their effectiveness in pharmaceutical practice.

Materials and Methods. Analysis of Scientific Sources, review and processing of scientific articles on pharmacology of the Research Gate and Science Direct bases, WHO reporting data, regulatory documents on the safety of excipients in medicines, and clinical studies of patients' compliance.

Results and discussion. Taste and aromatic additives are classified into natural (fruits, honey extracts, essential oils) and synthetic (flavors, sweeteners). Flavoring agents include aromatic oils as caraway, clove, lemon, spearmint, rose, and peppermint; ginger extracts; cocoa powder, vanillin and ethyl vanillin; licorice; syrups as orange, sarsaparilla, and cherry. It is worth noting that sweetening agents (e. g., sucrose and sorbitol) are also often used as flavoring agents [1]. In some cases, for the preparation of syrups as a consistency additive and a taste of taste, sugar syrup is used at a concentration of 64 %, which completely inhibits the growth and development of microflora in the dosage form [3]. However, sugar consumption in large quantities is not always justified. Synthetic fruit supplements allow you to obtain syrups with imitations of various fruit tastes (orange, apples, raspberries, etc.) [1]. The assortment of medicinal syrups includes the following drugs: marshmallow syrup, rhubarb syrup, sweet syrup, 'Pertusin', rosehip, aloe syrup with ferrum,

'Ambrosial', 'Biseptol syrup', 'Lazolvan', and others. Taste syrups are used exclusively as a means to improve the taste of the main active substances of drugs. These include sugar, invert, sucrose, sucrose-inverted, sucrose-invert-pace syrup, as well as all fruit and berry syrups. Invert syrup is a mixture of equal amounts of glucose and fructose obtained by inverting (hydrolysis) sucrose when heated sugar syrup in the presence of an acid (catalyst), neutralizing it.

The obvious advantages of using such additives are improving the treatment adherence, especially in children and elderly patients; facilitating medication for people with hypersensitivity to taste stimulus; and the possibility of reducing the need for additional suspensions. For the preparation of taste syrups, use a high degree of purification – refined, containing at least 99.9 % of sucrose and not more than 0.4 % of water. Refined does not contain ultramarine, which is the cause of spoilage of syrups as a result of the formation of hydrogen sulfide. Ethyl alcohol is sometimes added to the syrups [1, 2]. Fragrant waters are transparent liquids with a specific smell of essential oil, which is part of them. The therapeutic effect of aromatic water is manifested only in some of them, mainly designed to correct the taste and smell of drugs with unpleasant organoleptic properties. Aromatic water is obtained by distillation of essential vegetable raw materials with water vapor and dissolution in water of essential oils (simple aromatic water), in a ratio of 1: 1000 (except for absolute rose oil – 1:4000) [3]. The main disadvantage of the use of drugs containing such components is the possibility of allergic reactions or individual intolerance of some fragrances. Therefore, the regulation of the use of such components is carried out at the legislative level, and their influence is carefully examined in advance.

Conclusions. The use of flavoring and aromatic additives is an important area in the pharmaceutical industry, which helps to increase the effectiveness of treatment due to the improvement of medicines for patients. However, the safety of such components should be taken into account, and additional studies of their impact on health, especially with long-term use.

References

1. Awad A., Trenfield S.J., Basit A.W. Solid oral dosage forms / Ed. Adejare A. Remington. Ch. 19 (the 23-th ed.). Academic Press. 2021. P. 333–358. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820007-0.00019-2>

2. Safety evaluation of certain food additives: prepared by the ninety-sixth meeting of the Joint FAO/WHO. Expert Committee on Food Additives (JECFA). Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024 (WHO Food Additives Series, No. 87). 334 p. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/377542/9789240092549-eng.pdf>

3. Natural flavoring agents used in pharmaceutical industry / F. A. Tamboli et al. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry and Analysis*. 2023. Vol. 10, N 3. P. 150–155. DOI: <https://doi.org/10.18231/j.ijpca.2023.027>

^{1,2}**Панасюк Ю.**, ^{1,2}**Бахмат В.**,
^{1,3}**Солдаткін О.**, ^{1,2}**Пешкова В.**

e-mail: panasiuk.yuliia@gmail.com

¹Інститут молекулярної біології та генетики НАН України,

²ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

³Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТОЧНОЇ МУЛЬТИБІОСЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ

Panasiuk Y., Bakhmat V., Soldatkin O., Peshkova V. Improvement of the flow multibiosensor system for determination of the concentration of heavy metals in water

Heavy metal contamination of water poses a significant environmental threat due to the toxicity, carcinogenicity, and bioaccumulation of these elements. In this work, a flow-through enzymatic multibiosensor system was developed and optimized for the detection of heavy metal ions. The biosensors operate in inhibition mode, where the inhibition of enzymatic activity correlates with the concentration of heavy metals. The system demonstrated high signal reproducibility, sensitivity to regulatory limits, and the potential for sensor reactivation using EDTA. This biosensor platform can be effectively applied for environmental monitoring and quality control of water purification processes.

Забруднення води іонами важких металів становить серйозну загрозу для довкілля. Важкі метали проявляють токсичну та

канцерогенну дію та мають здатність до біоаккумуляції. Їх надходження в організм людини, зокрема з питною водою, може призвести до порушення функції печінки та нирок, онкологічних захворювань. Окрім того, важкі метали порушують обмін речовин у рослин і накопичуються в ґрунті. У зв'язку з цим розробка точних і ефективних методів моніторингу важких металів набуває критичного значення.

Під час роботи була розроблена й оптимізована проточна ферментна мультибіосенсорна система для визначення важких металів. До складу проточної системи входить перистальтичний насос, контролер клапанів із 8-ма клапанами та 4 проточні комірки. У середині кожної проточної комірки розташований імпедіометричний перетворювач, який складається із двох пар електродів. На поверхні семи електродів іммобілізовано фермент уреаза шляхом ковалентного зшивання за допомогою глутарового альдегіду, восьмий електрод використовується як референтний (замість ферменту на ньому іммобілізований бичачий сироватковий альбумін). Біосенсиори працюють в інгібіторному режимі, де рівень інгібування ферментної активності корелює з концентрацією іонів важких металів.

Аналіз отриманих результатів показав, що оптимальна концентрація субстрату (сечовини) для інгібіторного аналізу важких металів становить 2 мМ, а оптимальний час інкубації біоселективних елементів у розчинах важких металів становить 20–30 хв. Ферментні біосенсиори характеризувались високою відтворюваністю сигналу ($RSD < 3\%$). Дослідження продемонструвало можливість реактивації ферментної активності за допомогою ЕДТА, що суттєво підвищує практичну цінність пристрою для багаторазового використання. Чутливість системи дозволяє визначати перевищення гранично допустимих концентрацій у воді.

Отже, у ході роботи було оптимізовано проточну мультибіосенсорну систему для визначення важких металів у розчині та досліджено її основні аналітичні характеристики. Біосенсорна система на основі інгібування ферментів може в подальшому використовуватися для визначення іонів важких металів у рідині для моніторингу стану довкілля та для контролю якості очистки води в різних галузях виробництва.

Ця робота виконується за підтримки НАН України "Розумні сенсорні пристрої нового покоління на основі сучасних матеріалів і технологій" і є частиною проєкту ЄС "HORIZON 2020", Waste2Fresh, GA No 958491.

¹Сенча-Глевацька К., ²Ступак І.,

³Горбач О., ²Гарманчук Л., ²Остапченко Л.

e-mail: ksencha.h@gmail.com, ivan.stupak@knu.ua

¹Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України,

²ІНІЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

³Національний інститут раку МОЗ України

ВПЛИВ ОКСИДУ ГРАФЕНУ НА СТИМУЛЯЦІЮ ПОЛЯРИЗАЦІЇ КЛІТИН МІКРОГЛІЇ ЗА М2-ФЕНОТИПОМ

Sencha-Hlevatska K., Stupak I., Gorbach O., Garmanchuk L., Ostapchenko L. Influence of graphene oxide on stimulation of polarization of microglia cells with m2 phenotype

This study investigates the ability of graphene oxide (GO) to modulate the polarization of BV-2 microglial cells toward the anti-inflammatory M2 phenotype. Physicochemical characterization confirmed the high oxidation level and biocompatibility of GO. Flow cytometry analysis revealed an increase in CD80⁺/Arginase-I⁺ cells after GO exposure. These findings suggest that GO promotes M2 polarization and exhibits antioxidant potential, indicating its relevance for therapeutic strategies in neuroinflammatory conditions.

Ефективність терапії патологій головного мозку значною мірою залежить від стану клітин глії – структурних та функціональних компонентів гематоенцефалічного бар'єра. Відомо, що активація мікроглії, які належать до клітин вродженого імунітету головного мозку, відіграє ключову роль у розвитку нейродегенеративних захворювань. Тому поляризація мікроглії в напрямі М2-фенотипу, що асоціюється з протизапальною відповіддю, є перспективною стратегією терапевтичної інтервенції [4]. У цьому контексті оксид графену (далі – ОГр) розглядається як потенційний модулятор клітинної відповіді завдяки своїм антиоксидантним властивостям [1].

Метою проведеного дослідження було оцінювання здатності ОГр стимулювати поляризацію клітин мікроглії BV-2 до M2-фенотипу в умовах окисного стресу [2].

У роботі використовували ОГр від компанії "Grafren AB" (Швеція), отриманий у вигляді водорозчинної пасти [3]. Структурні та фізико-хімічні характеристики визначали методами СЕМ, DLS, КР спектроскопії, ТГА, LDI-MS, ІЧ та РФЕС спектроскопії. Біологічні дослідження проводили на клітинах мікроглії лінії BV-2. Поляризацію клітин оцінювали методом трипараметрової цитофлюориметрії за маркерами CD80, iNOS та аргінази-1 після 48 год інкубації з ОГр (50 мкг/мл).

СЕМ-аналіз підтвердив наявність нанопластинчастих структур ОГр розміром 1,5–5 мкм. Дані спектроскопії та мас-спектрометрії засвідчили високий ступінь окислення поверхні, наявність численних кисневмісних функціональних груп і фрагментів карбону. РФЕС визначив співвідношення С/О на рівні 1,96, що свідчить про добру гідрофільність і біосумісність матеріалу. ІЧ-спектри підтвердили наявність епоксидних, гідроксильних і карбонільних груп.

При дослідженні цитотоксичного /цитостатичного впливу ОГр у широкому діапазоні концентрації (0,1–2,0 нм/мл) не зафіксовано зміни у виживаності та проліферації клітин BV-2, що підтверджено сталістю ЛДГ-активності порівняно з контролем.

Водночас за результатами цитофлюориметричного аналізу, обробка клітин BV-2 оксидом графену викликала зростання популяції CD80⁺/Аргіназа-1⁺ клітин до 5,56 % проти 1,23 % у контролі, що свідчить про індукцію M2-поляризації. Отримані дані вказують на антиоксидантну дію ОГр та його потенціал як модулятора фенотипу мікроглії.

Таким чином, оксид графену сприяє активації протизапального M2-фенотипу мікроглії, що підтверджує його перспективність у терапії нейрозапальних процесів. Отримані результати відкривають нові можливості для застосування наноматеріалів у нейропротекції.

Список використаних джерел

1. Каталазоподібні властивості багат шарових оксидів графену та їх модифікованих форм / К.В. Войтко та ін. *Поверхня*. 2020. Vol. 12(27). P. 251–262. DOI: <https://doi.org/10.15407/surface.2020.12.251>

2. Jurga A. M., Paleczna M., Kuter K. Z. Overview of General and Discriminating Markers of Differential Microglia Phenotypes. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2020. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fncel.2020.00198>

3. A multifactorial study of in situ antioxidant activity of modified GrO in myocardial reperfusion injury using the langerdorff model / K. V. Sencha-Hlevatska et al. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2024. P. 109885. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2024.109885>

4. Microglia reprogram metabolic profiles for phenotype and function changes in central nervous system / S. Yang et al. *Neurobiology of Disease*. 2021. Vol. 152. P. 105290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2021.105290>

Shchypanskyi S., Savchuk O.

e-mail: shchipansky.s@ukr.net

ESC "Institute of Biology and Medicine"

Taras Shevchenko National University of Kyiv

PEPTIDES DERIVED FROM KIDNEY BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS*) HUSK ENHANCE BRAIN SEROTONIN LEVELS IN SERUM OF OBESE RATS

Over past decades obesity became one of a major global healthcare concern. According to World Health Organization, in 2022 every third adult person in the world was overweight or obese [5]. Obesity development relies on a complex of various factors among which serotonergic system plays a crucial role. Brain serotonin levels, in particular, has a direct impact on the obesity progression, controlling the appetite and feel of satiety. There is an inverse correlation between brain serotonin levels and obesity progression [2]. There is a great amount of scientific publications about arising popularity of plant-derived bioactive molecules. As traditional medications have many adverse effects and limitations, plant-derived extracts and biomolecules are promising candidates to substitute chemical drugs [7]. Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) is famous due to hypoglycemic and anti-obesity effects of its' extracts [9]. In this study we aimed to expand this knowledge, assessing the ability of kidney bean husk-derived peptides to influence brain serotonin levels in obese rats.

Aqueous extract of *P. vulgaris* husks was prepared according to method, described by Kyznetsova et al. [1]. After that, approximately 8 grams of freeze-dried extract was mixed with 250 mL of 1\ M acetic acid and boiled for 1 hour at 100 °C, and the left to cool. Next, we centrifuged this solution at 2,800 g for 45 min, collected supernatant, and dialyzed it against distilled water. Resulting peptide mixture was finally lyophilized. Rat obesity modelling was performed according to method by Yurchenko et al. [6]. In experiment we used 30 albino non-linear male rats, divided into 3 groups: control group, experimental group with diet-induced obesity (DIO), and experimental group with DIO, that also consumed aqueous solution of *P. vulgaris* husk peptides (DIO+P) starting from 6th week of experiment (200 mg/kg of body weight). After 12 weeks, since experiment started, animals were euthanized and their brain samples were taken. Brain homogenates were prepared by mixing 1 g of sample and 9 ml of 50 mM Tris-HCl buffer (pH 7.4), applying this mixture to hand-held homogenizers. Resulting suspension was centrifuged at 600 g for 15 min, after which the obtained supernatant was centrifuged at 10,000 g for another 15 min. After that, supernatants were aliquoted and frozen. To determine serotonin levels, we mixed thawed brain homogenates with 0.4 M perchloric acid in 1:5 ratio and left it at 4 °C for 60 min. Next, we centrifuged our samples for 5 min at 800 g and adjusted their pH to 5-6 using 2 N KOH. After another round of centrifugation for 5 min at 800 g, supernatant was applied to column with CM-sepharose. Elution of serotonin-containing fraction was carried by 0.03 M Na-phosphate buffer solution, pH 6.2. To 1 ml of eluate, we applied 0.3 ml of 11.6 M HCL and measured serotonin levels using spectrofluorophotometer with excitation wavelength of 295 nm and absorption wavelength of 550 nm, against the blank cell with distilled water instead of sample. Obtained result are expressed as ng/mg of protein. Protein concentrations were determined by Bradford assay (data not shown). Data was analyzed using Origin software, significance between groups was determined by one-way ANOVA with post-hoc Tukey's test at $p < 0.05$. Data is presented as mean $\pm$ standard error of mean ($M \pm m$, $n = 10$).

According to obtained results, brain serotonin level in group DIO was 105.6 ± 3.2 ng/mg of protein, which is much lower compared to control group (259.6 ± 12.9 ng/mg of protein). However, in group

DIO+P this parameter was almost 1.3 times higher compared to the control values (334.7 ± 13.4 ng/mg of protein). It is well-known that low serotonin levels in brain directly correlate with increased feeling of hunger and increased body weight [8]. Serotonin modulates hypothalamic–pituitary-adrenal axis and stimulates serotonergic neurons in arcuate nucleus, neuron population of which is able to release proopiomelanocortin (POMC) and neuropeptide Y, which are important mediators in regulation of food intake [4, 8]. Our results suggest that *P. vulgaris* peptides intake has a great impact on serotonin levels during obesity, yet the mechanism by which exogenous peptides can influence serotonin concentration remain unclear. It is possible, that peptides in the gastrointestinal tract are able to activate afferent vagus nerves, transmitting signal to the brain, which leads to the release of additional serotonin [3].

To sum up, we have discovered the ability of peptides from kidney bean husk to affect rats' brain level of serotonin, which is directly related to the obesity progression. These results suggest about indirect anti-obesity properties of these peptides, that make them a promising bioactive food supplement. Moreover, bean husks are practically free and therefore cost-efficient type of raw material for bioactive peptides' isolation, which makes them even more promising for biotechnological purposes.

References

1. Effect of Aqueous Extract from Phaseolus vulgaris Pods on Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes Activity in The Liver and Kidney of Diabetic Rats / Kyznetsova M. et al. *J Appl Pharm Sci*. 2015. Vol. 11, No. 5, P. 1–6.
2. Georgescu T., Lyons D., Heisler L. K. Role of serotonin in body weight, insulin secretion and glycaemic control, *J. Neuroendocrinol*. 2021. Vol. 33, No. 4, P. 1–12.
3. Mizushige T. Neuromodulatory peptides: Orally active anxiolytic-like and antidepressant-like peptides derived from dietary plant proteins. *Peptides* (N.Y.). 2021. Vol. 142, P. 1–43
4. Moon J.H., Oh C., Kim H. Serotonin in the regulation of systemic energy metabolism. *J Diabetes Investig*. 2022. Vol. 13, No. 10, P. 1639–1645.
5. Obesity and overweight. *World Health Organization (WHO)* : вебсайт. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата звернення 21.03.2025).

6. The Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*) Pods Extract Affects the Central and Peripheral Serotonergic Systems in Rats With High-Calorie Diet-Induced Obesity / Yurchenko A. et al. *J. Endocrinol. Metab.* 2021. Vol. 11, No. 5, P. 123–133.

7. The Role of Bioactive Peptides in Diabetes and Obesity / Chelliah R. et al. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9, P. 2220.

8. van Galen K. A., ter Horst K. W., Serlie M. J. Serotonin, food intake, and obesity. *Obesity Reviews*. 2021. Vol. 22, No. 7, P. 1–13.

9. White kidney bean extract as a nutraceutical: effects on gut microbiota, alpha-amylase inhibition, and user experiences / Houghton D. et al. *Gut Microbiome*. 2023. Vol. 4, P. 1–13.

БІОФІЗИКА, БІОІНФОРМАТИКА
ТА ГЕНЕТИКА



BIOPHYSICS, BIOINFORMATICS,
GENETICS

Ангелов М., Ноздренко Д., Прилуцький Ю.

e-mail: maksym.anhelov@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**ВПЛИВ C₆₀ ФУЛЕРЕНІВ НА КІНЕТИКУ
ГЛАДКОГО ТЕТАНІЧНОГО СКОРОЧЕННЯ
MUSCLE GASTROCNEMIUS ЩУРІВ
ПІСЛЯ НЕЙРОГЕННОЇ АТРОФІЇ**

Anhelov M., Nozdrenko D., Prylutsky Yu. Effect of C₆₀ fullerenes on the kinetics of rat gastrocnemius muscle smooth tetanic contraction after neurogenic atrophy

One of the most severe forms of muscle atrophy is neurogenic atrophy, caused by damage to efferent neural pathways and loss of skeletal muscle innervation. Chronic inflammation and oxidative stress accelerate muscle degradation. Reactive oxygen species (ROS) play a critical role, and antioxidants show therapeutic promise. Biocompatible C₆₀ fullerene nanoparticles effectively neutralize ROS. This study examines the effects of water-soluble C₆₀ fullerenes on the contractile kinetics of the rat muscle gastrocnemius after sciatic nerve injury. Results show improved contraction force and smoother tetanic response. Findings highlight the potential of C₆₀ fullerenes to restore muscle function after neurogenic atrophy.

Однією з найскладніших форм м'язової атрофії є нейрогенна атрофія – пошкодження нейронних еферентних шляхів активації м'яза ЦНС, що призводить до втрати іннервації скелетних м'язів, зниження їх рухової функції та навантаження на них [1]. Такі супутні чинники нейрогенної атрофії, як хронічне запалення і пошкодження допоміжних структур м'язів окислювальним стресом [2], прискорюють атрофію і можуть викликати апоптоз м'язових клітин, відкладення жиру та підвищення жорсткості м'яза до критичних значень [3]. Дослідження [4] підтвердили важливу роль активних форм кисню (АФК) за розвитку нейрогенної атрофії скелетних м'язів і високий терапевтичний потенціал застосованих антиоксидантів.

Відомо, що біосумісні C₆₀ фулерени здатні ефективно захоплювати та інактивувати АФК у системах *in vivo* та *in vitro* [5]. Раніше ми показали, що застосування водорозчинних C₆₀ фулеренів

за безпечних діючих доз після ініціації ахілотенотомії [6] поліпшує функціонування скелетно-м'язової систем шурів. Таким чином, метою цієї роботи було дослідити вплив водорозчинних C_{60} фулеренів на кінетику гладкого тетанічного скорочення *muscle gastrocnemius* шурів, як одного з ключових біомеханічних маркерів його дисфункції, після нейрогенної атрофії, викликаной пошкодженням сідничного нерва (*nervus ischiadicus*).

Досліджено такі біомеханічні параметри скорочення *muscle gastrocnemius* шурів як максимальна і мінімальна сили поодинокого скорочення м'яза на тлі нейрогенної атрофії. Їх фіксація відбувалася на 30 добу після ініціації травми. Як терапевтичний агент, використано пероральне введення C_{60} фулеренів у щоденній дозі 1 мг/кг упродовж експерименту. Детально проаналізовано перехід силової відповіді активного м'яза зі стану зубчастого тетанусу в гладкий, як маркера його дисфункції. Показано, що використання водорозчинних C_{60} фулеренів збільшувало максимальну силу поодинокого скорочення *muscle gastrocnemius*, наближаючи її до контролю, та зменшувало мінімальну силу, викликаючи гладке тетанічне скорочення м'яза (рис. 1, стимуляція 25 Гц).

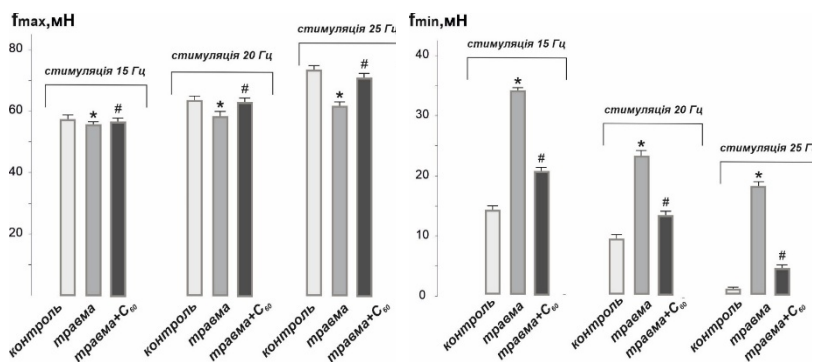


Рис. 1. Зміна максимальної сили (f_{max}) і мінімальної сили (f_{min}) поодинокого скорочення *muscle gastrocnemius* шурів при застосуванні стимуляційного сигналу частотою 15, 20 і 25 Гц, відповідно: групи "травма" і "травма + C_{60} " – сила скорочення *muscle gastrocnemius* через 30 діб після перерізання *nervus ischiadicus* та за введення водорозчинних C_{60} фулеренів у щоденній дозі 1 мг/кг, відповідно; контроль – нативний м'яз; * $p < 0,05$ щодо контрольної групи; # $p < 0,05$ щодо групи "травма"

Одержані результати вказують на перспективність використання цих вуглецевих наноструктур для прискорення відновлення скоротливої активності скелетних м'язів після нейрогенної атрофії.

Дослідження виконано за фінансової підтримки МОН України (тема №24БП018-02, 2024-2026).

Список використаних джерел

1. Midrio M. The denervated muscle: facts and hypotheses. A historical review. *European Journal of Applied Physiology*. 2006. Vol. 98, № 1. P. 1–21. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0256-z>

2. Huang L., Li M., Deng C., Qiu J., Wang K., Chang M., Zhou S., Gu Y., Shen Y., Wang W., Huang Z., Sun H. Potential Therapeutic Strategies for Skeletal Muscle Atrophy. *Antioxidants*. 2022. Vol. 12, № 1. 44. <https://doi.org/10.3390/antiox12010044>

Aniukhin A., Zholos O.

e-mail: prohorivka@gmail.com

ESC "Institute of Biology and Medicine"

Taras Shevchenko National University of Kyiv

AUTOMATED MARKOV MODEL STRUCTURE INFERENCE FOR TRPC4 CHANNELS USING SIMULATED ANNEALING

The receptor-operated TRPC4 cation channel plays a crucial role in regulating gastrointestinal tract (GIT) contractility by acetylcholine. Traditional approaches to ion channel kinetics modelling often require to manually specify the Markov model structure before parameter estimation. Our study introduces a novel computational framework that automatically discovers both the optimal model topology (e.g. the number of open and closed protein conformations as connections between them) and transition rates between protein conformations for TRPC4 channels by combining simulated annealing for structural optimization with Baum-Welch algorithms for parameter estimation.

Experiments were conducted on single smooth muscle cells enzymatically isolated from guinea pig small intestine longitudinal

muscle layer. Single-channel currents were recorded in either "outside-out" or "cell-attached" patch-clamp configurations using an Axopatch 200B amplifier and borosilicate pipettes (3–5 M Ω). TRPC4 channel activation was achieved through application of either 50 μ M carbachol extracellularly or 200 μ M GTP γ S intracellularly, following the established protocols [2, 3].

Our hybrid algorithm demonstrated superior performance in modelling TRPC4 channel kinetics, as evidenced by significantly improved log-likelihood values (mean: -58473.8, SD: 11.1) compared to the standard Baum-Welch approach applied to predefined model structures (mean: -66889.5, SD: 1747.2). The remarkably reduced standard deviation (11.1 vs 1747.2) further indicates the robustness of our method in consistently finding optimal solutions across multiple optimization runs.

The ability to simultaneously optimize model structure and kinetic parameters represents a significant advancement in the development of ion channel gating mechanisms, which are important for the correct interpretation of the mechanisms of drug action [1]. By allowing the algorithm to automatically discover appropriate state connections, we eliminate the need for researchers to test numerous structural hypotheses manually – a process that is both time-consuming and potentially biased. This approach not only increases modelling accuracy but also provides deeper insights into channel gating mechanisms that might otherwise remain undetected. We propose that this computational framework could be widely applied to various ion channel types to enhance understanding of their functional dynamics and regulatory mechanisms.

References

1. Colquhoun D. Binding, gating, affinity and efficacy: The interpretation of structure-activity relationships for agonists and of the effects of mutating receptors. *British Journal of Pharmacology*. 1998. Vol. 125, № 5. P. 923–947. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0702164>
2. Dresviannikov A. V., Bolton T. B., Zholos A. V. Muscarinic receptor-activated cationic channels in murine ileal myocytes. *British Journal of Pharmacology*. 2006. Vol. 149, № 2. P. 179–187. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0706852>

3. Zholos A. V., Zholos A. A., Bolton T. B. G-protein-gated TRP-like cationic channel activated by muscarinic receptors: Effect of potential on single-channel gating. *Journal of General Physiology*. 2004. Vol. 123, № 5. P. 581–598. DOI: <https://doi.org/10.1085/jgp.200309002>

Biriukov T., Ivanyuta O.

e-mail: biriukov_t@knu.ua, oivanuta@gmail.com

Faculty of Radiophysics Electronics and Computer Systems
Taras Shevchenko National University of Kyiv

TEMPERATURE-DEPENDENT MOLECULAR DOCKING AND STRUCTURAL ORDERING IN CRYOELECTRONIC POLYMER SYSTEMS

This study investigates the interplay between temperature modulation and molecular docking processes in cryoelectronic systems to reduce fluid structural disorder. By employing a thermogenerator based on a linear Peltier element circuit, we experimentally demonstrate how controlled thermal gradients influence the formation of anisotropic polymer environments with dynamic inhomogeneities. The integration of cryoelectronics enables precise temperature regulation during molecular docking, facilitating the synthesis of ordered nanostructures for active components in polymer electronics. Our findings highlight the critical role of temperature in stabilizing crystallization centers and enhancing charge transport efficiency, offering insights for next-generation nanoreactors and bioelectronic applications.

Recent advancements in cryo-electron microscopy (cryo-EM) have revolutionized molecular imaging by preserving biological specimens in near-native states without crystallization [1]. Parallel developments in polymer electronics reveal that organic materials can achieve metallic-level conductivity [4], prompting exploration into controlled anisotropic environments for active electronic components. A key challenge lies in mitigating structural disorder during molecular self-organization, particularly in fluid systems.

Here, we propose a novel approach combining cryoelectronic temperature control with molecular docking mechanisms to engineer

ordered polymer matrices. Molecular docking—defined here as the directed interaction of monomers at crystallization sites—is highly sensitive to thermal fluctuations. By slowing thermodynamic processes via Peltier-based thermogenerators, we modulate temperature gradients to optimize docking efficiency and reduce structural disorder. This synergy aligns with recent theoretical models [3], suggesting that amorphous materials can form stable, charge-transporting networks under controlled conditions.

A thermogenerator model (Fig. 1) utilizing a linear Peltier element array was developed to simulate slowed thermodynamic processes.

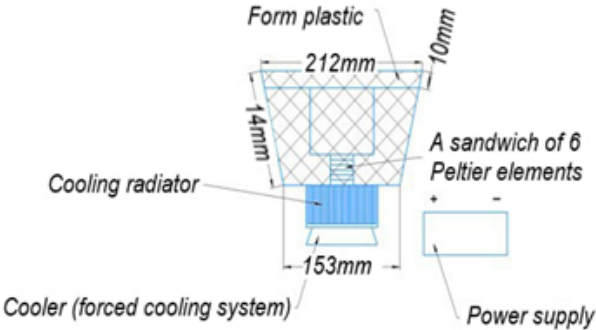


Fig. 1. Schematic diagram of thermogenerator based on linear circuit of Peltier elements

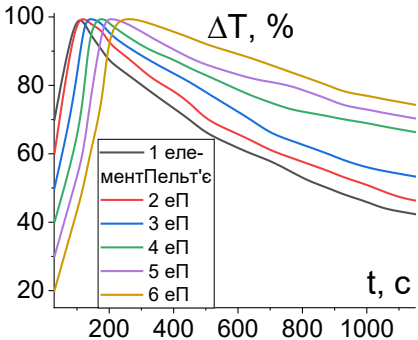


Fig. 2. Temperature difference as a function of time

Temperature differentials (ΔT) were monitored over time (Fig. 2), revealing a nonlinear decline post – 150 s, correlating with oxidation dynamics. At $\Delta T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, optimal molecular docking occurred within 100 s, yielding a 40 % reduction in structural disorder compared to uncontrolled systems. Cryoelectronic regulation ensured minimal thermal noise during docking, enabling the formation of continuous polymer matrices with predefined electrophysical properties. These matrices exhibited enhanced charge drift velocities ($\sim 10^3\text{ m/s}$), comparable to crystalline semiconductors, validating their potential for active nanoelectronic components.

Our results demonstrate that temperature-controlled cryoelectronic systems significantly enhance molecular docking precision and structural ordering in polymer fluids. This methodology bridges the gap between biological imaging techniques and polymer electronics, paving the way for adaptive nanoreactors and biohybrid devices. Future work will explore real-time thermal feedback mechanisms to further refine docking accuracy.

References

1. Reduction control of fluid structure Disorder degree by cryoelectronics Methods, O. Ivanyuta T. Biriukov. *Proceedings of 20 International Scientists Conference on Applied Physics*, Kyiv, Ukraine, October, 2024.
2. Dubochet J. et al. Cryo-electron microscopy of vitrified specimens. *Quarterly Reviews of Biophysics*. 1988. Vol. 21(2). P. 129–228.
3. Dubochet J., A Reminiscence about Early Times of Vitreous Water in Electron Cryomicroscopy. *Biophysical Journal*. 2016. Vol. 110(4). P. 756–757.
4. Sauvage J.-P., Topology and Molecular Machines: Two Interlinked Research Fields. *Kharkiv Chemical Seminar NANU*. 2022. <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=9426>
5. Shirakawa H., McDiarmid A., Heeger A., Twenty-five Years of Conducting Polymers. *Chem. Commun.* 2003. P. 1–4.

¹Васильченко Л., ¹Говорова К.,

^{2,3}Коваленко П., ^{1,3}Проценко О.

e-mail: vasylichenkoliudmila@gmail.com

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Державна установа

"Інститут еволюційної екології НАН України",

³Державна установа

Національний антарктичний науковий центр

ЧАСТОТА ВИДИМИХ МУТАЦІЙ В ОКРЕМИХ ПРИРОДНИХ ПОПУЛЯЦІЯХ *DROSOPHILA MELANOGASTER* УКРАЇНИ

Vasylichenko L., Hovorova K., Kovalenko P., Protsenko O. Visible mutation frequency in certain natural populations of *Drosophila melanogaster* in Ukraine

We investigated the frequencies of visible mutations and genetic burden in natural populations from three locations in Ukraine, namely Pyriatyn, Uman, and Varva. As a result, no visible mutations were found in nature. The highest level of visible mutations under inbreeding was observed for the population of Uman.

Генетична мінливість є ключовим фактором еволюційного розвитку популяцій. Вона визначається як мутаційними процесами, так і дією природного добору, генетичного дрейфу та міграції. Одним із найбільш зручних об'єктів для дослідження генетичних змін є *Drosophila melanogaster*, оскільки цей вид має короткий життєвий цикл, високу плодючість і добре вивчену генетичну систему [2].

Частота мутацій у природних популяціях може змінюватися під впливом різних екологічних факторів, зокрема під дією температури, радіаційного фону, доступності їжі та впливу антропогенних факторів [3]. Дослідження показали, що природні популяції дрозофіл характеризуються значним рівнем генетичної мінливості, яка може впливати на виживаність і пристосованість особин [1].

Визначення частоти мутацій у природних популяціях дозволяє не лише краще зрозуміти генетичну стабільність виду, але й

виявити потенційні ризики для популяцій, що населяють різні регіони. Зважаючи на це, актуальним є дослідження частот мутацій у природних популяціях *D. melanogaster*, особливо в контексті змін довкілля та адаптаційних механізмів.

Метою роботи є дослідження частот видимих мутацій у природних популяціях *D. melanogaster* України та оцінювання мутаційного тягаря впродовж п'яти поколінь інбредних схрещувань.

У процесі роботи було досліджено три природні популяції з різних населених пунктів України, а саме: с-ща Варва, м. Пирятин та м. Умань, в яких було зібрано 145, 167 та 138 мух, відповідно. Збір проводили в 2024 р. Спостереження проводились упродовж п'яти поколінь.

Усі особини були оцінені на наявність фенотипових відхилень. Екземпляри, які мали видимі ознаки таких відхилень, були відібрані для подальших схрещувань та відсажені для спостереження успадкування мутацій у наступних поколіннях.

Упродовж спостережень за природною популяцією *D. melanogaster* с-ща Варва ми проаналізували 888 індивідів у поколінні F1, в F2 – 1397, в F3 – 1264, в F4 – 1610, в F5 – 1988.

Загальна кількість мух, отриманих в кожному з поколінь, для м. Пирятин становила: F1 – 839, F2 – 1475, F3 – 883, F4 – 928, F5 – 477 особин. Упродовж схрещувань популяції м. Умань ми отримали в F1 – 923, у F2 – 1902, у F3 – 1459, у F4 – 2251, у F5 – 563 мухи (табл. 1).

Таблиця 1. Частота проявів видимих мутацій у різних популяціях при інбредному розведенні

Популяція	F1	F2	F3	F4	F5
Варва	0	0,0079	0,0158	0,0012	0
Пирятин	0	0.0081	0.0045	0.0026	0.0042
Умань	0,0108	0,0021	0,0014	0	0,0018

Отримані результати демонструють значні відмінності у частоті мутацій між популяціями. Найвища частота мутацій у першому поколінні була зафіксована в популяції м. Умань (0,0108), що може свідчити про особливості структури популяції. Проте в наступних поколіннях частота мутацій у цій популяції

різко зменшилася, що може бути пов'язано з добром або адаптацією до лабораторних умов.

У популяціях с-ща Варва та м. Пірятин мутаційні прояви спостерігалися, починаючи з другого покоління, з тенденцією до коливань у наступних поколіннях.

Слід зауважити, що в інбредних мух з популяції м. Пірятин максимальна частота виходу мутацій була у F2 і становила 0,0081, а з с. Варви – в F3 – 0,0158.

Загалом отримані дані свідчать про варіативність мутаційного процесу в природних популяціях *D. melanogaster* України та необхідність подальших досліджень для визначення факторів, які впливають на генетичну мінливість у різних середовищах.

Список використаних джерел

1. Houle D., Morikawa B., Lynch M. Comparing mutational variabilities. *Genetics*. 1996. Vol. 143, № 3. P. 1467–1483. DOI: <https://doi.org/10.1093/genetics/143.3.1467>
2. Mackay T. F. C., Richards S., Stone E. A. et al. The *Drosophila melanogaster* Genetic Reference Panel. *Nature*. 2012. Vol. 482, № 7384. P. 173–178. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10811>
3. Parsons P. A. Evolutionary rates: Effects of stress upon recombination. *Biological Journal of the Linnean Society*. 1987. Vol. 32, № 2. P. 155–169.

Zahorska Y., Poliakevich M., Manzhura O., Chopei M.

e-mail: yu.zahorska@gmail.com

ESC "Institute of Biology and Medicine"

Taras Shevchenko National University of Kyiv

EFFECT OF AQUEOUS AND ALCOHOL EXTRACTS OF ASTRAGALUS DASYANTHUS ON THE LEVEL OF DNA BREAKS IN HUMAN LYMPHOCYTES

Plant-derived extracts are well-known to have anti-mutagenic and antioxidant properties, primarily due to their high concentration of bioactive compounds, such as flavonoids and their derivatives. Plants of the genus *Astragalus* have long been considered the main medicinal plants that are widely used in many herbal preparations in the practice of traditional medicine. Pharmacological studies show that the extract

component of *Astragalus* can increase telomerase activity and exert antioxidant, anti-inflammatory, immunoregulatory, anticancer, antihyperglycemic, and hepatoprotective effects [1].

Despite these potential therapeutic benefits, the safety of flavonoid-based extracts in drug development must be accurately evaluated regarding their effects on the integrity and stability of DNA in human cells.

This study aimed to assess the potential genotoxic effects of *Astragalus dasyanthus* extracts on the DNA of lymphocytes. For this purpose, dry plant tissues were used to obtain aqueous and alcohol extracts according to the standard procedure. The content of polyfructans in received extracts was measured by the McRary and Slattery method, which is based on the Selivanov reaction. After that, the total amount of flavonoids was quantified using the spectrophotometry method at a wavelength of 419 nm [3].

To perform the comet assay, human lymphocytes were isolated from the peripheral blood of healthy donors and then incubated in RPMI 1640 medium at 37 °C for 1h with *Astragalus dasyanthus* aqueous and alcohol extracts. In the control sample, incubation was performed without any extracts. After incubation, cells were immobilized in a thin low-melting point agarose layer on a microscope slide and lysed to obtain nucleoids – structures that consist of DNA attached to some residual nuclear proteins that are insensitive to the lysis treatment. To estimate the level of DNA strand breaks, nucleoids were subjected to single-cell gel electrophoresis, also known as the comet assay. In the case of the presence of single- and double-strand breaks, fragments of DNA are formed, and they migrate further to the anode, forming an electrophoretic track, also known as the comet tail (due to the fact that after the electrophoresis and fluorescent staining, nucleoids look a lot like comets). After the electrophoresis, samples were visualized with fluorescent microscopy, the DNA damage was quantified with the software TriTek CometScore (Sumerduck, VA, USA). To evaluate the genotoxic effect, the percentage of the DNA in the comet tail was measured. This parameter shows the tail fluorescence intensity to the total fluorescence intensity ratio [2].

According to the results of our experiment (Fig. 1), the total amount of flavonoids in alcohol extracts equals $22,15 \pm 1,26$ mg/ml, while aqueous extracts have a concentration of $47,72 \pm 2,08$ mg/ml.

Cells treated with alcohol extracts have shown a lower percentage of the DNA in the comet tail in comparison to the control sample (Fig. 2), while the values for the lymphocytes incubated with aqueous extracts are significantly higher than in control, which is not related to the flavonoid content in these extracts. The significantly lower percentage of the DNA in the tail for alcohol extracts might be due to the extraction of some other compounds with alcohol rather than with water extraction, which may have a protective effect on the DNA and require further investigation.

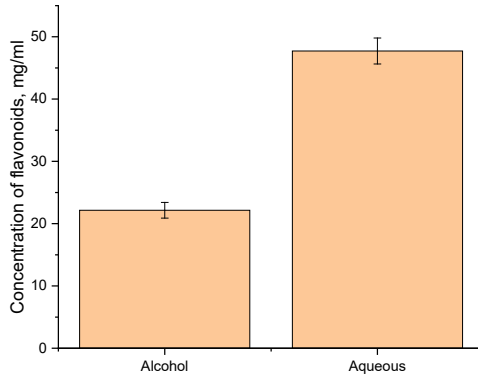


Fig. 1. The total amount of flavonoids in alcohol (1) and aqueous (2) extracts of *Astragalus dasyanthus*

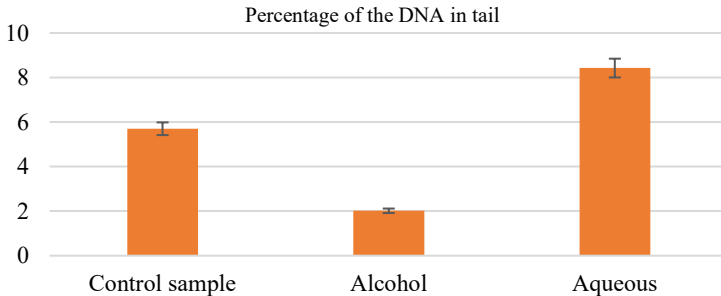


Fig. 2. Effect of plant Alcohol and Aqueous extracts obtained from the *Astragalus dasyanthus* on the percentage of the DNA in the comet tails. The percentage of the DNA in the comet tails of untreated lymphocytes is presented as a control

References

1. Chen S., Wang X., Cheng Y., Gao H., Chen X. A review of classification, biosynthesis, biological activities and potential applications of flavonoids. *Molecules*. 2023. Vol. 28, № 13. Article number: 4982.
2. Olive P. L. The comet assay. An overview of techniques. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.). 2002. Vol. 203. P. 179–194.
3. Pękal A., Pyrzynska K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*. 014. Vol. 7. P. 1776–1782.

Кальніцька А., Кашеварова О., Морозова Н.

e-mail: alina.kalnitzkaya@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ЕНДОМЕТРІОЗУ У ЖІНОК НА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ЦИКЛІВ ЕКЗ

Kalnitska A., Kashevarova O., Morozova N. The effect of endometriosis in female patients on the outcomes of IVF cycles

Therefore, the aim of our work was to find out the effect of endometriosis on the qualitative and quantitative parameters of oocytes in women in assisted reproductive technology programs and, accordingly, to determine the frequency of euploid embryos obtained as a result of ICSI.

Згідно зі світовою статистикою близько 20 % пар страждають на безпліддя. Фактори жіночого безпліддя становлять близько 50 % усіх випадків порушення фертильності. Однією з найпоширеніших причин цього явища є ендометріоз, частота якого варіює в межах 35–50 % [1]. *Ендометріоз* – це хронічне захворювання, яке характеризується патологічним розростанням клітин ендометрія та впливає на якісні й кількісні показники яйцеклітин. Також описується опосередкований вплив таких утворень на функціонування яйцеклітини в процесах запліднення, імплантації та поділу клітин ембріона.

На ендометріоз страждають близько 6–10 % жінок репродуктивного віку. У групах обстежуваних, які страждають від хронічного тазового болю і безпліддя, поширеність ендометріозу

становить близько 35–45 % [5]. Порушення фертильності, спричинене ендометріозом, вважається багатофакторною проблемою [2].

Яйцеклітини, отримані шляхом пункції у жінок із діагнозом ендометріоз, частіше мають змінену морфологію та нижчий вміст мітохондрій у цитоплазмі, що може стати причиною деградації отриманих ембріонів після їх запліднення [3]. Тому метою нашої роботи було з'ясувати вплив ендометріозу на якісні та кількісні показники ооцитів у жінок в програмах ДРТ і, відповідно, визначити частоту еуплоїдних ембріонів, отриманих у результаті використання ICSI.

Для виключення хромосомних причин невдалих циклів ЕКЗ у обстежуваних з ендометріозом було проведено каріотипування лімфоцитів периферійної крові. Для цього використовували комерційне середовище PBmax (GIBCO). Для зупинки клітинного поділу на стадії метафази додавали в культуральний флакон коллемід з подальшою обробкою суспензії клітин гіпотонічним розчином (KCl 0,56 %). Як фіксуючий розчин використовували льодяну оцтову кислоту та метанол. Пофарбування отриманих препаратів проводили методом GTG. Аналіз метафазних пластинок відбувся за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Lucia Karo.

Для оцінювання ооцитів використовували таку класифікацію: GV (germinal vesicle) – незрілі яйцеклітини, які ще не завершили мейоз; МІ (метафаза І) – проміжна фаза дозрівання, такі яйцеклітини не готові до запліднення; МІІ (метафаза ІІ) – зрілі яйцеклітини, з полярним тільцем, придатні до запліднення. Якість ембріонів п'ятої доби розвитку характеризують за такими параметрами: ступінь розширення бластоцисти (градація від 1 до 6); якість внутрішньоклітинної маси (оцінка від А до С); якість трофектодерми (оцінка від А до С) [4, 6].

Оцінювання генетичної якості ембріонів п'ятої доби розвитку проводили з використанням доїмплантаційного генетичного тестування методом FISH. Зразок клітин трофектодерми фіксували на предметному склі. Наносили в два етапи флуоресцентні ДНК-зонди для дослідження кількості хромосом Х, Y, 13, 18 та 21. Для візуалізації отриманих сигналів використовували барвник DAPI. Обробку результатів проводили

методом флуоресцентної мікроскопії та програмного забезпечення Lucia FISH.

Для статистичної обробки даних використовували програмне забезпечення "Origin PRO" та "Microsoft Excel". Вибірки перевірялись на нормальність за допомогою тесту Shapiro-Wilk. Для вибірок з нормальним розподілом проводили параметричний *t*-тест для незалежних вибірок. Для вибірок з ненормальним розподілом, застосовували непараметричний тест для незалежних вибірок – тест Mann-Whitney.

До досліджуваної групи ввійшло 25 жінок з діагностованим ендометріозом віком від 23 до 41 років (у середньому 34 роки). Контрольна група складалась із здорових жінок від 22 до 30 років (у середньому 26 років), які виступали донорами яйцеклітин. Перед проведенням штучної стимуляції гонадотропними гормонами всім обстежуваним було проведено каріотипування. За його результатами було визначено нормальний жіночий каріотип у представниць обох вибірок.

Під час порівняння кількості отриманих яйцеклітин між досліджуваною та контрольною групами була виявлена статистично значуща різниця. У досліджуваній групі спостерігається в 1,5 раза менше яйцеклітин на 1 цикл (рис. 1).

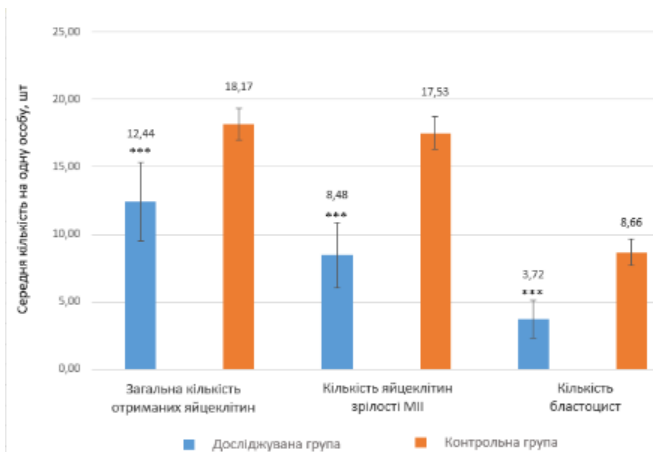


Рис. 1. Оцінювання кількості та якості ооцитів, отриманих після стимуляції яєчників. *** – $p \leq 0,001$ порівняно з контрольною групою

Кількість усіх яйцеклітин зрілості МП досліджуваної групи в ~2 рази менше, ніж у контрольній. Порівнюючи середні значення показників придатних до запліднення яйцеклітин (МП), ми виявили статистично значущу різницю (рис. 1).

Для оцінювання якості яйцеклітин і розуміння їх потенціалу до запліднення та розвитку було порівняно кількість отриманих бластоцист та їхні середні значення на одну особу. У контрольній групі сума бластоцист у 2,3 рази більша ніж в жінок, у яких цикл зі своїми яйцеклітинами. У процесі порівняння даних показників, була виявлена статистично значуща різниця (рис. 1).

Порівнюючи відсоткове співвідношення кількості еуплоїдних та генетично аномальних ембріонів, на стадії бластоцисти досліджуваної та контрольної груп ми виявили статистично значущу різницю обох груп ембріонів 5-ї доби розвитку (рис. 2).

На основі наведених даних можна зробити висновок про те, що зв'язок між наявністю ендометріозу та зниженою кількістю й якістю яйцеклітин присутній і статистично значущий.

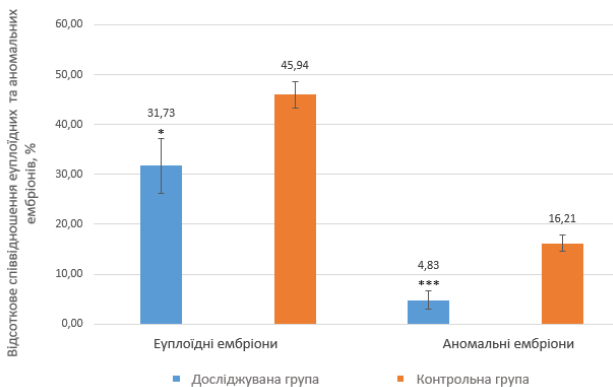


Рис. 2. Оцінювання відсоткового співвідношення еуплоїдних ембріонів та ембріонів із хромосомними аномаліями. * – $p \leq 0,05$ порівняно з контрольною групою; *** – $p \leq 0,001$ порівняно з контрольною групою

Кількісні та якісні показники в обстежуваних з ендометріозом та здорових жінок, які виступали донорами яйцеклітин, відрізняються щонайменше в 1,5 рази. Також було доведено знижену кількість еуплоїдних ембріонів у осіб з досліджуваної групи.

Список використаних джерел

1. Хміль С.В., Підгайна І.Я., Кулик І. І., Коблош Н.Д. Ендометріоз: досягнення та питання в світових дослідженнях. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2020. № 4, т. 82. С. 84–93. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681.2019.4.10953>
2. Coccia M. E., Nardone L., Rizzello F. Endometriosis and infertility: a long-life approach to preserve reproductive integrity. *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 19, №. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13106162>
3. Latif S., Saridogan E. Endometriosis, oocyte, and embryo quality. *J Clin Med*. 2023. Vol. 12, №. 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcn12134186>
4. Mizuno S., Matsumoto H., Hashimoto S. et. al. A novel embryo quality scoring system to compare groups of embryos at different developmental stages. *J Assist Reprod Genet*. 2021. Vol. 38, №. 5. P. 1123-1132. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10815-021-02117-0>
5. Mounsey A. L., Wilgus A., Slawson D. S. Diagnosis and management of endometriosis. *American family physician*. 2006. Vol. 74, №. 4. P. 594-600. PMID: 16939179.
6. Rocha J. C., Passalia F., Matos F. D. et. al. Methods for assessing the quality of mammalian embryos: how far we are from the gold standard? *JBRA Assist Reprod*, 2016. Vol. 20, №. 3. P. 150-158. DOI: <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20160033>

¹**Кузнєцова Є., ²Ємець А.**

e-mail: zhkafake@icloud.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

²ДУ "Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України"

IN SILICO МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ФУЛЕРЕНУ C₆₀ З ТУБУЛІНОМ ARABIDOPSIS THALIANA

Kuznietsova Y., Yemets A. In silico modeling of the interaction of fullerene C₆₀ with Arabidopsis thaliana tubulin

The study investigates the interaction sites of tubulin heterodimer of A. thaliana and soluble fullerene derivatives C₆₀(OH)₂₄ and C₆₀(OH)₃₆ using in silico methods. Fullerenes, carbon-based nanomaterials, can interact with proteins and cellular structures, influencing cellular processes. Molecular docking identified 10 potential interaction sites: three between α- and β-tubulins, five on α-tubulin, and two on β-tubulin. The interactions primarily

involve uncharged polar amino acids and positively charged amino acids. The identified binding sites exhibit high hydrophobicity, stabilizing the complex through hydrophobic forces, with additional π - π interactions observed with aromatic amino acids. Our results suggests that the $C_{60}(OH)_{24}$ model demonstrated the highest likelihood of interacting with the tubulin heterodimer. T-SNE clustering revealed fullerenes grouping with colchicine site ligands, indicating the possibility of their interaction with the colchicine site, though experimental validation is needed.

Фулерени – це карбонові наноматеріали, що можуть взаємодіяти з протеїнами або іншим внутрішньоклітинними сполуками, впливаючи на функціонування та проліферацію клітин. Фулерен C_{60} – це молекула, що складається з 60 атомів вуглецю, які утворюють замкнену сферичну поверхню. За рахунок електронної конфігурації із 20-ти гексагональних кілець з $C5=C6$ подвійними зв'язками та 12-ти пентагональних кілець з $C5-C5$ одинарними зв'язками ця сполука має гідрофобність, через що в роботі було досліджено водорозчинні фулерени [1]. Нещодавно було встановлено, що полігідроксильовані похідні фулерену C_{60} інгібують полімеризацію тубулінів за низьких мікромолярних концентрацій через утворення водневих зв'язків з тубуліновим гетеродимером [2]. Іншими дослідниками було продемонстровано позитивний вплив фулеренів на утворення біомаси і розвиток кореневої системи та гермінацію рослин. Проте фулерени C_{60} проявляли фітотоксичність щодо насіння та рослин, зокрема обробка фулереном C_{60} викликала гальмування розвитку рослин порівняно з контролем [3].

Метою роботи було виявити можливі сайти зв'язування водорозчинного фулерену C_{60} з тубуліном (основним білком мікротрубочок) *A. thaliana* за допомогою методів *in silico*. Для 3-вимірного моделювання було підготовлено модель гетеродимеру тубулінів *A. thaliana*. Для цього було використано програму AlphaFold 3 і послідовності β -тубуліну 1 (UniProt ID P12411) та α -тубуліну 6 (UniProt ID P29511). За допомогою пакета Avogadro було створено й енергетично оптимізовано чотири моделі полігідроксильованих похідних фулерену C_{60} . Енергетичну оптимізацію проводили за допомогою силового поля UFF (Universal Force Field). Отриману модель гетеродимеру тубуліну і моделі полігідроксильованих похідних фулеренів $C_{60}(OH)_{24}$ та $C_{60}(OH)_{36}$

було використано для молекулярного докінгу в AutoDock4, застосовуючи силове поле AMBER, протонування ліганду за допомогою OpenBabel та з 10 конформаціями для кожної спроби.

Отримані нами результати свідчать про можливість енергетично вигідної взаємодії між гетеродимером тубуліну та похідними фулерену C_{60} . У результаті докінгу було ідентифіковано 10 можливих сайтів взаємодії, 3 з яких знаходяться між α - та β -тубулінами, 5 з яких мають сайт взаємодії на α -тубуліні, та 2 мають сайт взаємодії на β -тубуліні. Нами було встановлено значну різницю в афінності для різних варіантів модифікацій фулерену, де модель фулерену $C_{60}(OH)_{24}$ показала здатність взаємодіяти з 9 ідентифікованими сайтами, та найнижчі результати вільної енергії Гіббса. Взаємодія фулеренів відбувається переважно з полярними незарядженими амінокислотами, такими як аспарагін та глутамін, і позитивно зарядженими амінокислотами, а саме, з аргініном та лізином. Взаємодія з полярними амінокислотами забезпечує формування водневих зв'язків, посилюючи стабільність комплексу фулерен-тубулін. Сайти взаємодій, що були ідентифіковані, характеризуються високою гідрофобністю – вищезгадані амінокислоти створюють гідрофобне середовище на поверхні білка, додатково стабілізуючи комплекс за рахунок гідрофобних взаємодій між фулеренами та поверхнею білка. Також спостерігали взаємодію з тирозином і триптофаном, що призводило до утворення π - π -взаємодій.

У рамках дослідження було проведено підготовку бібліотеки тубулін-таргетуючих сполук, використовуючи дані з RCSB Protein Data Bank, що дало змогу знайти подібність між фулеренами та сполуками, які доведено взаємодіють з тубуліном. Для аналізу молекул було застосовано метод *t*-SNE разом із дескриптором SkelSpheres. *T*-SNE є методом зниження вимірності, що дозволяє візуалізувати багатовимірні дані в двовимірному чи тривимірному просторі, зберігаючи структуру сусідства, що дозволяє виявити групи молекул з подібними властивостями. Виявлені результати показали, що фулерени утворюють кластер разом зі сполуками, які взаємодіють з колхіциновим сайтом. Це може свідчити про те, що фулерени можуть бути потенційними лігандами для цього сайту.

З огляду на отримані результати молекулярного докінгу та обробки даних взаємодій, можна стверджувати, що форма $C_{60}(OH)_{24}$

найвірогідніше взаємодіє з гетеродимером тубуліну. Враховуючи результати кластеризації, варто досліджувати стабільність комплексу похідних фулерену C₆₀ та тубулінового гетеродимеру в колхіциновому сайті. Отримані дані *in silico* підтверджують дію фулеренів як тубулін-дестабілізуючих агентів, однак це потребує додаткової експериментальної перевірки.

Список використаних джерел

1. Buziashvili A., Prylutska S., Yemets A. Effect of fullerene C₆₀ on tomato plants. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2024. Vol. 8, № 4. P. 13–22.
2. Bratovcic A. Biomedical application of nanocomposites based on fullerenes-C₆₀. *Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer, 2023. Vol. 707 LNNS. P. 107–117.
3. Ratnikova T. A., Govindan P. N., Salonen E., Ke P. C. In vitro polymerization of microtubules with a fullerene derivative. *ACS Nano*. 2011. Vol. 5, № 8. P. 6306–6314.

Максимов І., Кашеварова О., Морозова Н.

e-mail: illia.maksymov26@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ЧАСТОТИ АНЕУПЛІДІЙ ТА ЗАПЛІДНЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ГАМЕТ ЧОЛОВІКІВ З ХРОМОСОМНИМИ ПОЛІМОРФІЗМАМИ ПІСЛЯ PGT

Maksymov I., Kashevarova O., Morozova N. Analysis of aneuploidy frequency and male gamete efficiency with chromosomal polymorphisms following PGT

Therefore, the aim of this study was to investigate the impact of chromosomal polymorphic variants in males on the fertilizing capacity of gametes and the rate of aneuploidy in embryos following PGT. Additionally, the study aimed to compare the preimplantation genetic testing results between individuals with a normal male karyotype and those with chromosomal polymorphic variants.

Безпліддя є поширеним захворюванням, яке вражає близько 15–20 % усіх пар [5]. За попередніми оцінками, порушення

фертильності вражає 186 млн людей у світі [3]. На частку жіночого безпліддя припадає 50–55 % випадків, чоловічого – 45–50 %.

Вважається, що генетичні фактори є причинами ненастання вагітності в природних циклах майже у половині випадків [4]. Генетичними причинами, що призводять до цього, є кількісні та структурні хромосомні аберації. Проте також виділяють поліморфні варіанти хромосом (ХПМ), які за міжнародною класифікацією ISCN вважаються нормальними і нешкідливими. Існують дані, які свідчать про те, що специфічні типи хромосомних поліморфних варіацій впливають на репродуктивні результати пар [2]. Водночас дослідження ембріональної анеуплоїдії не підтвердили подібного зв'язку [1], тому питання впливу поліморфних варіантів хромосом на порушення чоловічої фертильності залишається недостатньо вивченим.

Метою даної роботи було дослідити частоту ембріонів з хромосомними аномаліями, які були отримані в результаті ЕКЗ із використанням гамет чоловіків, що є носіями хромосомних поліморфізмів.

Під час каріотипування лімфоцитів периферичної крові застосовували комерційне поживне середовище РВmax. З метою зупинки клітинного циклу на метафазі до культури додавали колхіцин. Обробку клітинної суспензії здійснювали гіпотонічним розчином KCl (0,56 %) з подальшою фіксацією сумішшю льодяної оцтової кислоти та метанолу. Для GTG-фарбування препаратів використовували розчин трипсину. Аналіз метафазних пластинок проводили за допомогою програмного забезпечення Lucia Karu.

Для дослідження частоти анеуплоїдій сперматозоїдів використовували метод FISH. На першому етапі здійснювали деконденсацію хроматину, а на наступних – денатурацію та гібридизацію із використанням ДНК-зондів. На висушені препарати наносили барвник DAPI для візуалізації клітин. Дослідження проводили методом флуоресцентної мікроскопії із застосуванням програмного забезпечення Lucia FISH.

Дослідження рівня хромосомних аберацій ембріонів здійснювали методом FISH. Для аналізу використовували клітини трофектодерми. Після фіксації зразків проводили реакції гібридизації з подальшою візуалізацією отриманих сигналів.

Математичний обрахунок та графічне представлення були виконані з використанням програм: "WinStat" та "Microsoft Excel". Для перевірки характеру розподілу отриманих даних проводили тест Шапіро–Вілкінсона, а для порівняння достовірності відмінностей середніх величин показників анеуплоїдності використовували Independent t-test та Критерій Манна–Уїтні U.

Вибірка чоловіків із проблемами фертильності у парі становила 30 осіб. За результатами каріотипування обстежуваних було поділено на дві групи: 1 група (контрольна) – чоловіки з нормальним каріотипом (15 осіб); 2 група (досліджувана) – носії поліморфних варіантів хромосом (15 осіб). Показники рівня анеуплоїдій сперматозоїдів для обох вибірок становили близько 1,5–2,0 % (перевищення референтних значень, що вказує на необхідність використання ДРТ). Усі отримані ембріони, що досягли стадії бластоцисти було протестовано на хромосомні аномалії методом FISH.

Для визначення запліднюючої здатності сперматозоїдів ми порівняли показники середніх кількостей отриманих яйцеклітин в парах, де чоловіки-носії хромосомних поліморфізмів з показниками обстежуваних з нормальним каріотипом. Між досліджуваною та контрольною групами статистично значущої різниці не виявлено. Варто зазначити, що кількість яйцеклітин, що доросли до стадії бластоцисти, у досліджуваній групі більше порівняно з контрольною групою, хоча загальна кількість яйцеклітин у контрольній групі вища (рис. 1).

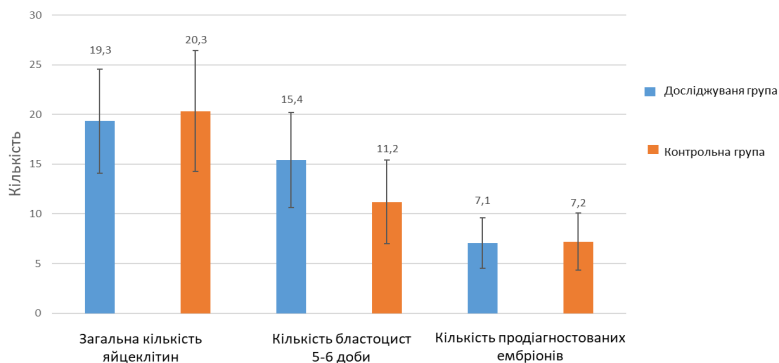


Рис. 1. Середні показники кількості яйцеклітин та бластоцист у парах на різних етапах ЕКЗ

Порівнюючи середні показники відсотка різних типів аномалій серед ембріонів статистично значущої різниці також виявлено не було. Можна помітити, що показники еуплоїдних ембріонів перебувають майже на одному рівні, проте контрольна група має вищі показники комплексних хромосомних аномалій (КХА), що можна пояснити низькою якістю яйцеклітин (рис. 2).

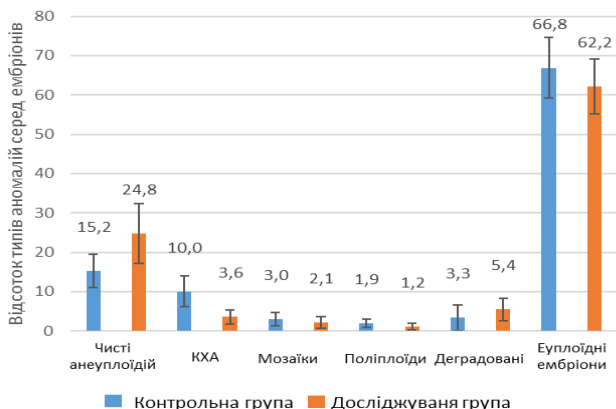


Рис. 2. Середні показники відсотка різних типів аномалій серед ембріонів

Середні показники частоти анеуплоїдних ембріонів за статевими хромосомами та аутосомними абераціями також не показали статистичної значущості порівняно з досліджуваною та контрольною групами. Варто зазначити, що показники досліджуваної групи перевищують показники контрольної групи, а також у середньому показники аутосомних аберацій перевищують показники аберацій за статевими хромосомами (рис. 3).

Отже, враховуючи вище наведені дані, можна зробити висновок, що поліморфізми хромосом не впливають на запліднюючу здатність сперматозоїдів та частоту хромосомних аберацій в ембріонах. Наявність хромосомних аномалій в обох групах можна пояснити не лише спорадичними мейотичними анеуплоїдіями гамет, що використовуються в програмах ICSI, а й порушенням процесів поділу власне клітин ембріона.

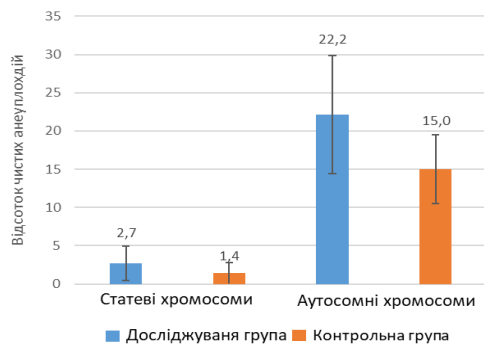


Рис. 3. Середні показники відсотка анеуплоїдій ембріонів за статевими та аутосомними аберациями

Список використаних джерел

1. Kumar N., Singh A. K. Trends of male factor infertility, an important cause of infertility: A review of literature. *Journal of Human Reproductive Sciences*. 2015. Vol. 8, N 4. P. 191–196. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-1208.170370>
2. Li S. J., Cheng Y. X., Ye-Shang, Zhou D. N., Zhang Y., Yin T. L., Yang J. Chromosomal polymorphisms associated with reproductive outcomes after IVF-ET. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. 020. Vol. 37, N 7. P. 1703–1710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10815-020-01793-8>
3. Inhorn M. C., Patrizio P. Infertility around the globe: new thinking on gender, reproductive technologies and global movements in the 21st century. *Human Reproduction Update*. 2015. Vol. 21, N 4. P. 411–426. DOI: <https://doi.org/10.1093/humupd/dmv016>
4. Rawal L., Kumar S., Mishra S. R., Lal V., Bhattacharya S. K. Clinical Manifestations of Chromosomal Anomalies and Polymorphic Variations in Patients Suffering from Reproductive Failure. *Journal of Human Reproductive Sciences*. 2020. Vol. 13, N 3. P. 209–215. DOI: https://doi.org/10.4103/jhrs.JHRS_46_19
5. Zorrilla M., Yatsenko A. N. The Genetics of Infertility: Current Status of the Field. *Current Genetic Medicine Reports*. 2013. Vol. 1, N 4. DOI: [10.1007/s40142-013-0027-1](https://doi.org/10.1007/s40142-013-0027-1)

Марійко В., Мартиненко С., Афанасьєва К.

e-mail: viacheslavmariiko@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

Державний науково-дослідний

експертно-криміналістичний центр МВС України

НЕТИПОВІ ВАРІАНТИ АЛЕЛІВ У КРИМІНАЛІСТИЧНО ЗНАЧИМОМУ STR-ЛОКУСІ D12S391 В УКРАЇНСЬКІЙ ПОПУЛЯЦІЇ

Mariiko V., Martynenko S., Afanasieva K. Atypical variants of alleles in the forensically significant STR locus D12S391 in the Ukrainian population

The aim of the study was to find variants of alleles for D12S391 STR-locus in samples of 53000 DNA profiles from Ukrainian population obtained with PowerPlex® 6C Fusion System PCR amplification kit. As a result, in locus D12S391 virtual alleles with 13, 19.3 and 22.3 tandem repeats (alleles 13, 19.3 and 22.3) were observed and counted, as well as OL- alleles (off-ladder) 16.3, 18.2, 19.2 and extreme alleles 28 and 29. Also one tri-allelic pattern 20, 21, 22 was observed.

Незважаючи на постійний пошук нових способів застосування аналізу ДНК для ідентифікації слідів біологічного походження при розслідуванні злочинів, ідентифікації невпізнаних тіл та встановлення фактів біологічного батьківства основним способом і досі залишається дослідження довжини некодуючих ділянок ДНК нестатевих хромосом людини з короткими тандемними повторами (STR). Довжину таких ділянок вимірюють у кількості коротких тандемних повторів у локусі, відповідно до якої алелям і дають назву, наприклад алель 8 означає наявність восьми повторів у даному STR-локусі. Найпоширеніша довжина повтору в локусах, що використовуються у криміналістичному ДНК-аналізі, – чотири нуклеотиди [2].

З початком повномасштабного вторгнення рф ДНК-аналіз в Україні став особливо актуальним, а кількість об'єктів біологічного походження, що підлягають криміналістичному ДНК-аналізу, суттєво зросла [1]. Типовим результатом дослідження STR-локусу є комбінація двох алелів, названих відповідно до кількості повторів у них (рис. 1а). Проте разом зі

збільшенням кількості проведених досліджень, зросла і кількість нетипових алелів, що виявляються. Нетиповими варіантами алелів, які можуть бути виявлені у STR-локусах, можна вважати: 1) віртуальні алелі – названі алелі, існування яких у даному локусі було передбачене виробником ПЛР-набору, проте виробник не виявив таких алелів у досліджуваній популяції при розробці набору (рис. 1б); 2) OL-алелі (off-ladder) – неочікувані алелі без назви, існування яких у даному локусі не було передбачене виробником (рис.1в); 3) триалельні профілі – наявність у диглоїдних локусах трьох алелів через генетичні особливості особи (рис. 1г); 4) екстремальні алелі – алелі, які є настільки короткими або настільки довгими, що проявляються поза діапазоном виявлення свого локусу (рис. 1д). Екстремальні алелі є особливо небезпечними, так як можуть проявитися в діапазоні виявлення інших, сусідніх локусів і, як наслідок, впливати на правильність інтерпретації не лише свого, а також інших локусів.

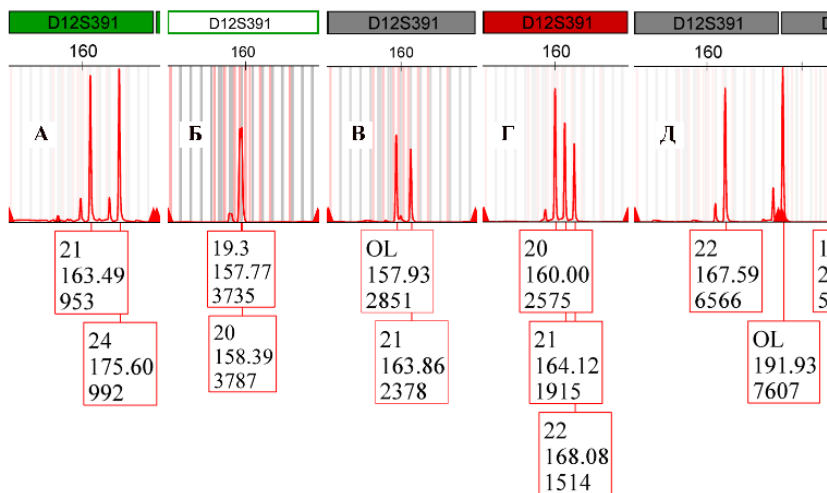


Рис 1. Приклади генотипів локусу D12S391 з: а) звичайними алелями 21 та 24; б) віртуальним алелем 19.3 і звичайним алелем 20; в) OL-алелем та звичайним алелем 21; г) профілем з трьома алелями 20, 21, 22; д) екстремальний алель (на графіку підписаний як OL) і звичайний алель 22

Метою роботи було виявлення нетипових алелів у STR-локусі D12S391 в українській популяції та визначення їх частот. Для дослідження було обрано саме цей локус, оскільки він має високий показник ефективності відрізнення окремих осіб у популяції [3], а також у ньому виявлено екстремально довгі алелі [4].

Для досягнення поставленої мети було проведено ретроспективне дослідження вибірки з 53000 ДНК-профілів, встановлених зі зразків букального епітелію осіб із використанням набору PowerPlex® 6C Fusion (Promega Inc., США) у період з 2014 по 2025 роки в установах Експертної служби МВС. Із цієї вибірки для подальшого аналізу було відібрано 76 ДНК-профілів, в яких виникли складнощі з інтерпретацією результатів, з яких 48 ДНК-профілів, в яких складнощі виникли безпосередньо у локусі D12S391, а також 28 ДНК-профілів, у яких виникли складнощі з інтерпретацією локусу D19S433, оскільки його діапазон виявлення алелів розташований в безпосередній близькості до діапазону локусу D12S391 у комерційному наборі для проведення ПЛР STR-локусів PowerPlex® 6C Fusion. Відібрані ДНК-профілі аналізувалися на наявність нетипових варіантів алелів. Для визначення кількості повторів (назви) OL-алелів використовували показники їх відносної довжини у парах нуклеотидів і порівнювали дані значення з довжиною у парах нуклеотидів відомих алелів.

У результаті проведеного дослідження було виявлено найпоширеніші для української вибірки нетипові варіанти алелів локусу D12S391, серед яких віртуальні алелі 13, 19.3 і 22.3, неочікувані алелі 16.3, 18.2 і 19.2 та екстремально довгі алелі 28 та 29, які при використанні набору для проведення ПЛР PowerPlex® 6C Fusion будуть проявлятися в діапазоні виявлення локусу D19S433, а не D12S391, що може призвести до некоректної інтерпретації результатів у даних локусах. Також було виявлено один випадок триалельності з алелями 20, 21, 22. Кількість виявлених нетипових варіантів алелів наведено в табл. 1.

Отримані результати дозволять підвищити ефективність інтерпретації ДНК-профілів з нетиповими варіантами алелів у локусі D12S391 та стандартизувати підходи до їх інтерпретації у разі виявлення.

Таблиця 1. Кількість виявлених нетипових варіантів алелів

Нетиповий варіант алеля	Віртуальні алелі			OL-алелі (неочікувані алелі)			Екстремальні алелі		Три алелі
Назва алеля	13	19.3	22.3	16.3	18.2	19.2	28	29	20, 21, 22
Частота алеля	$9,43 \times 10^{-6}$	$3,77 \times 10^{-5}$	$9,43 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-5}$	$5,66 \times 10^{-5}$	$9,43 \times 10^{-6}$	$4,72 \times 10^{-5}$	$9,43 \times 10^{-6}$	$9,43 \times 10^{-6}$

Список використаних джерел

1. Костіков, І. Ю, Марійко В. В., Щербакова Ю. В. та ін. Молекулярно-генетична ідентифікація осіб, загиблих під час російської збройної агресії проти України: успіхи та проблеми. *Криміналістичний вісник*. 2023. Т. 39, № 1. С. 10–28. DOI: <https://doi.org/10.37025/1992-4437/2023-39-1-10>
2. Butler, J. M. Fundamentals of forensic DNA typing. Amsterdam: Elsevier, 2010. 500 p.
3. Butler, J. M., Hill, C. R., Coble, M. D. Variability of new STR loci and kits in US population groups. Promega Corporation, 2012. URL: <https://worldwide.promega.com/resources/profiles-in-dna/2012/variability-of-new-str-loci-and-kits-in-us-population-groups/> (дата звернення: 10.04.2025).
4. Oz, C. Recognizing the advantage of employing the PowerPlex® ESI and PowerPlex® ESX complementary kits for purposes of clarification in routine casework. *Forensic Science International: Genetics*. 2013. Vol. 7, N 4. P. 461–466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.03.011>

Остапчук І.

e-mail: ivankaostapchuk6322@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ХРОМОСОМНИЙ МОЗАЙЦИЗМ ЕМБРІОНІВ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ПЛОДІВ

Ostapchuk I. Chromosomal mosaicism of embryos and its impact on fetal development

The research is devoted to the study of the phenomenon of mosaicism in trophoctoderm cells of embryos. The use of mosaic embryos has long been controversial, but modern science claims that healthy newborns are born, and the potential for implantation directly depends on the type of mosaicism.

Мозаїцизм – це наявність більш ніж однієї генотипово відмінної клітинної популяції. За допомогою методів секвенування наступного покоління вчені виокремили ембріони з часткою анеуплоїдних клітин від 20 до 80 %, назвавши їх мозаїчними. Відповідно, ембріони з часткою анеуплоїдних клітин менше 20 % вважаються еуплоїдними, а більше 80 % – анеуплоїдними, за результатами преімплантаційного генетичного тестування на анеуплоїдію.

Частоту мозаїцизму складно точно визначити, переважно вона коливається в межах від 5 до 15 % [1]. За іншими даними, мозаїцизм ембріонів на стадії бластоцисти – нормальне фізіологічне явище, характерне майже усім ембріонам [2].

З високою імовірністю, біопсія однієї ділянки не може відповідати цілковитому генетичному складу ембріона, тому можливі варіанти розвитку плоду різні: норма, мозаїцизм (обмежений плацентарний чи істинний), анеуплоїдія [3].

Біопсія трофектодерми показує тільки генетичний склад майбутньої плаценти, тоді як сам плід розвивається з внутрішньоклітинної маси, це ще раз підкреслює важливість методів пренатальної діагностики плодів, особливо якщо вони розвиваються з мозаїчних ембріонів.

Відповідно до останньої класифікації, мозаїчні ембріони характеризують такими критеріями: кількість хромосом, задіяних в анеуплоїдії (простий, складний, хаотичний мозаїцизм),

локалізація мозаїчних клітин (у клітинах трофктодерми чи/та внутрішньоклітинній масі), відсоток анеуплоїдних клітин (низький – до 40 % і високий – більше 40 %) і тип хромосомних мутацій (повнохромосомна та сегментна мозаїчність) [4].

Міжнародне товариство передімплантаційної генетичної діагностики допускає використання мозаїчних ембріонів, лише за відсутності еуплоїдних, у пріоритеті з простим мозаїцизмом та низьким відсотком анеуплоїдних клітин; рекомендують уникнення анеуплоїдії за хромосомами 13, 18, 21 через ризик прояву відповідних синдромів (Патау, Едвардса, Дауна).

Аргументи за та проти перенесення мозаїчних ембріонів все ще існують, а тому, метою даної роботи було дослідити явище мозаїцизму ембріонів та його вплив на розвиток плоду.

Проведено преімплантаційне генетичне тестування для 227 ембріонів. Відсоток анеуплоїдних ембріонів вищий у віковій категорії жінок старше 35 років, в той час як частка мозаїчних та еуплоїдних ембріонів у жінок ≤ 35 років на одному рівні (табл. 1).

Таблиця 1. Результати PGT-A у вікових групах жінок ≤ 35 років та > 35 років (без урахування донорських клітин)

	Кількість	Еуплоїдні	Мозаїчні	Анеуплоїдні
PGT-A (загальна вибірка)	227	84	83	60
Вік ≤ 35	78	41 %	41 %	18 %
Вік > 35	70	25,7 %	28,6 %	45,7 %

Трансфер 76 ембріонів (46 еуплоїдних та 30 мозаїчних) призвів до розвитку 62-х плодів. Серед перенесених мозаїчних ембріонів найчастіше спостерігали просту чи комплексну мозаїчність із залученням хромосом 22, 14, 21, 6 (рис. 1).

Ми спостерігали "самовиправлення" мозаїчних ембріонів у 17/25 випадків проведення біопсії ворсин хоріона. Про 7/25 випадків складно щось стверджувати, оскільки невідомо, який з перенесених ембріонів прижився (мозаїчний чи еуплоїдний), але результат аналізу ворсин хоріона все одно показував здоровий плід. У 1/25 мозаїчність зникла лише на стадії амніоцентезу (типовий прояв обмеженого плацентарного мозаїцизму).

Окремий випадок розвитку вагітності з недіагностованого ембріону, призвів до розвитку плоду з хромосомною патологією (істинний мозаїцизм плоду).

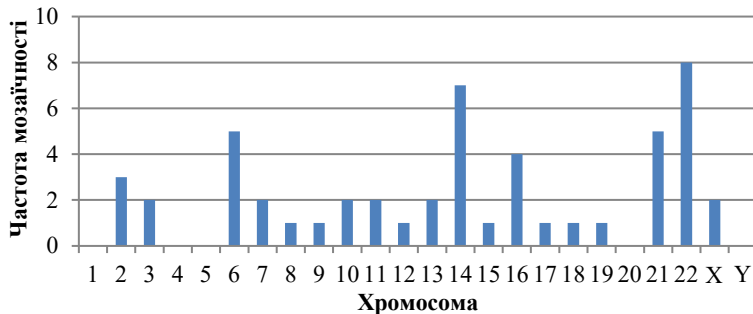


Рис. 1. Розподіл частот залучення хромосом у мозаїчних ембріонах

Отримані результати мають значення для медико-генетичного консультування. Зважаючи на наші та літературні дані, можна стверджувати, що використання мозаїчних ембріонів призводить до народження здорових дітей (завдяки механізмам самокорекції). Однак слід зважати на потенційні ризики, тому усім пацієнткам, яким планується трансфер мозаїчного ембріона, необхідно отримати детальну генетичну консультацію.

Список використаних джерел

1. Capalbo A., et al. Mosaic human preimplantation embryos and their developmental potential in a prospective, non-selection clinical trial. *The American Journal of Human Genetics*. 2021. Vol. 108, N 12. P. 2238–2247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2021.11.002>
2. Starostik M. R., Sosina O. A., McCoy R. C. Single-cell analysis of human embryos reveals diverse patterns of aneuploidy and mosaicism. *Genome Research*. 2020. Vol. 30, N 6. P. 814–825. DOI: <https://doi.org/10.1101/gr.262774.120>
3. Eggenhuizen G. M., et al. Confined placental mosaicism and the association with pregnancy outcome and fetal growth: a review of the literature. *Human Reproduction Update*. 2021. Vol. 27, N 5. P. 885–903. DOI: <https://doi.org/10.1093/humupd/dmab009>
4. Muñoz E., et al. To transfer or not to transfer: the dilemma of mosaic embryos – a narrative review. *Reproductive BioMedicine Online*. 2023. P. 103664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2023>

Палієнко А., Морозова Н.
e-mail: palienko.1999@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ЗА 21 АУТОСОМНИМИ МІКРОСАТЕЛІТНИМИ ЛОКУСАМИ

Paliienko A., Morozova N. Assessment of genetic diversity of the Ukrainian population at 21 autosomal microsatellite loci

The study presents preliminary results of a population-genetic analysis of 46 DNA samples collected from residents of Ukraine. Genotyping was performed using the GlobalFiler™ PCR kit, which includes 21 autosomal STR loci. The study aims to evaluate allele and genotype distributions and assess their conformity to Hardy–Weinberg equilibrium. The findings will contribute to forensic databases and provide a foundation for studying the genetic diversity of the Ukrainian population.

У реаліях сьогодення, зокрема в умовах повномасштабної війни, дослідження генетичної структури населення України набуває особливої актуальності. Генетичний моніторинг не лише поглиблює розуміння біологічної різноманітності, але й створює підґрунтя для розвитку медико-генетичних та криміналістичних напрямів, зокрема в галузі ідентифікації. Це має критичне значення в умовах соціальної нестабільності, масової міграції та зростаючих загроз для громадського здоров'я.

У цьому дослідженні здійснено популяційно-генетичний аналіз на основі 100 зразків ДНК, відібраних від представників української популяції. Для аналізу використано 21 аутосомний STR (short tandem repeat) локус, зокрема: D3S1358, D16S539, D7S820, D2S441, D8S1179, D12S391, FGA, CSF1PO, TH01 та інші. Ці мікросателітні маркери широко застосовуються у судовій генетиці завдяки своїй високій поліморфності, що забезпечує можливість точного індивідуального ідентифікування, аналізу родинних зв'язків і популяційних структур.

Генотипування зразків проводилось за допомогою мультиплексного набору GlobalFiler™ PCR Amplification Kit та

програмного забезпечення GeneMapper ID-X v1.6. Основною метою дослідження було визначення частот алелів та генотипів, а також перевірка відповідності розподілу генотипів за законом Харді–Вайнберга. Отримані частотні характеристики відображають рівень гетерогенності в межах популяції [1].

Кожен з аналізованих локусів відіграє важливу роль у визначенні популяційної структури:

FGA (Fibrinogen Alpha Chain) – один із локусів з високим рівнем поліморфності що широко використовується у криміналістиці через високе значення для ідентифікації. У нашому аналізі найпоширеніший алель 23 зустрічається з частотою 19 %, що свідчить про його високу варіативність.

D3S1358 – важливий маркер у визначенні індивідуальної ідентичності. Алель 14 має найвищу частоту 45 %, що вказує на його домінування у вибірці.

TPOX (Thyroid Peroxidase gene intron) – часто використовується в антропологічних дослідженнях. Алель 8 трапляється з частотою 47 %, що є найвищим показником серед усіх локусів дослідження.

Загалом, для більшості локусів найчастіші алелі мають частоту понад 30 %, що вказує на характерні алелі для вибірки з населення України. Наприклад, у локусі D16S539 алель 12 має частоту 39 %, у D13S317 алель 11 – 34 %, у D21S11 алель 30 – 36 %, відповідно.

Для кожного локусу проводилась перевірка на відповідність рівновазі за законом Харді–Вайнберга. У більшості випадків відхилень не виявлено, що вказує на стабільний розподіл генотипів без суттєвого впливу факторів динаміки популяцій, зокрема мутацій, міграції, інбридингу чи відбору.

Отримані дані свідчать про значну різноманітність мікросателітних локусів серед населення України, що підтверджується рівнем поліморфності зазначених локусів. Отримані результати можуть бути використані для покращення судово-генетичних баз з огляду на важливість ідентифікації осіб в період воєнного стану та кримінальних справах. Також ці дані можуть бути використані в медичній сфері що пов'язує їх із спадковими захворюваннями і можливістю формувати генетичні профілі ризику та для ідентифікації родинних зв'язків [2].

Важливо також вказати на цінність подальших досліджень з антропології і демографії населення України та можливу подальшу роботу над створенням національної генетичної бази мікросателітних локусів, що набуває критичного значення для національної безпеки в умовах війни. Це надасть можливість зберегти біологічну спадщину населення України та підвищить ефективність ідентифікації осіб.

Список використаних джерел

1. Unstable Tandem Repeats in Promoters Confer Transcriptional Evolvability / M. D. Vences et al. *Science*. 2009. Vol. 324, N 5931. P. 1213–1216. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1170097>
2. Repetitive DNA and Mobile Genetic Elements. What's in Your Genome? 2023. P. 57–81. DOI: <https://doi.org/10.3138/9781487538569-005>

Палієнко А., Демидов С., Морозова Н.

e-mail: palienko.1999@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВОДИ ТА ДОНИХ ВІДКЛАДІВ ВОДОЙМ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИТОГЕНЕТИЧНОГО МЕТОДУ

Paliienko A., Demydov S., Morozova N. Environmental assessment of water and water bottom sediments using cytogenetic method

The study examines the impact of radioactive contamination and pollutants on freshwater ecosystems. Bioassays with Allium cepa and Lactuca sativa were used to assess genotoxic effects in samples from the Dnipro River, Verbne and Yrlytsia Lake. Results showed no acute toxicity, but some samples indicated genetic instability, pointing to potential environmental risks.

Вода є важливим природним ресурсом нашої планети. Однак у результаті впливу різних несприятливих чинників вода може стати небезпечним джерелом забруднень, що шкодять водним екосистемам і здоров'ю людей. Цитогенетичний метод дозволяє оцінити стан генетичного матеріалу організмів у водоймах та виявити зміни, викликані антропогенним впливом. Для цього

застосовують генетичні методи, а саме: аналіз хромосомних аберацій, оцінювання ступеня пошкодження ДНК, вимірювання наявності мікроядер, а також метод флуоресцентної гібридизації *in situ* (FISH).

Генотоксичний моніторинг оцінює вплив хімічних або фізичних чинників на генетичний матеріал організмів. Це важлива складова моніторингу, оскільки мутагенні фактори можуть призводити до пошкоджень ДНК, що впливає на здоров'я екосистем.

Україна приділяє значну увагу генотоксикологічними дослідженнями в прісноводних водоймах, вивчаючи вплив різних факторів на генетичний склад організмів у річках, озерах та ставках. Дослідження включають аналіз мутацій, частоту хромосомних аберацій і рівня мікроядер у клітинах водних організмів. Визначено шкалу чутливості за такими показниками: депресія мітотичної активності, порушення мітозу та поява мікроядер, що вказують на наявність стресових факторів, що здійснюють вплив на клітинному рівні.

Об'єктами досліджень були: р. Дніпро, оз. Вербне та Йорданське. Для досліджень готували водні витяжки в співвідношенні ґрунт–вода 1:4 з урахуванням вологості ґрунту. Проби донних відкладів фільтрували через фільтрувальний папір.

Біотестування морфологічних змін корінців салату посівного *Lactuca sativa* L. виконувалося згідно зі стандартною методикою. Цей тест дозволяє оцінювати ранні стадії розвитку рослин, зокрема ріст корінців, що є чутливим індикатором впливу водорозчинних компонентів зразків води чи ґрунту. Завдяки тесту на корінці можна швидко визначити вплив токсичних речовин на рослинність, що важливо для оцінювання екологічного стану водних середовищ [2].

Класичним методом для оцінювання токсичної дії забруднювачів довкілля на живі об'єкти є тест на корінцях цибулі (Allium-тест), який дозволяє швидко здійснити скринінг хімічних сполук із визначенням їх потенційного ризику. Для експерименту використовували цибулю з природною варіабельністю, очищену від лусочок, яку розміщували в пробірки з тестованими зразками та контрольним розчином. Після трьох діб вимірювали довжину і кількість корінців, а також проводили цитогенетичне

дослідження. Для цього корінці фарбували оцетоорсеїном, а порушення в клітинному поділі, зокрема утворення мікроядер, досліджували під мікроскопом при збільшенні 1000х.

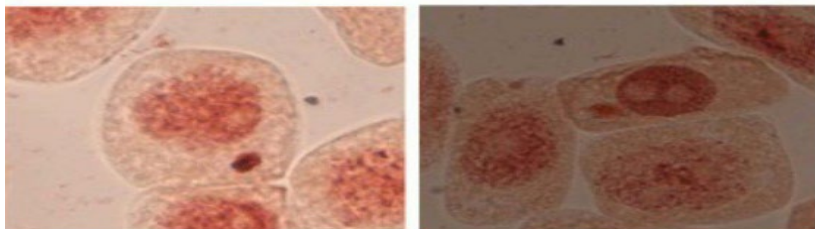


Рис. 1. Мікроядра в клітинах апікальної меристеми корінців *Allium cepa* L. забарвлення орсеїном (X1000)

Водойми Оболонського р-ну Києва, зокрема р. Дніпро та озера Вербне та Йорданське, є важливими рекреаційними джерелами для місцевих жителів і туристів. Донні відклади річки містять забруднюючі речовини, зокрема хром загальний, концентрація якого знизилася з 12,8–19,2 мг/кг (2001–2006 рр.) до 6,6–8,2 мг/кг (2007–2012 рр.) [1].

Дослідження радіонуклідів стронцію-90 і цезію-137 у воді та донних відкладеннях Дніпра показало перевищення фонових значень, що вказує на можливе радіаційне забруднення. Оцінювання якості донних відкладів оз. Вирлиця, проведена в березні 2024 р. за допомогою біотестування на рослинних тест-організмах *Allium cepa* L. і *Lactuca sativa* L., показала, що вода та донні відклади не є токсичними, оскільки смертність тест-організмів не перевищувала 50 %. Однак спостерігалось пригнічення росту корінців і перевищення норми аберантних мітозів, що свідчить про генетичну нестабільність через токсичний вплив. Порушення включали відставання клітин щодо розходження хроматину та затримку фаз поділу. У зразках з р. Дніпро та оз. Вербне показники були в межах норми.

Проведені дослідження вказують на значний антропогенний вплив в озері Йорданське, з високим вмістом забруднювачів у донних відкладах. За результатами, смертність тест-організмів була на рівні 50 %, значення аберантних мітозів було на рівні

2.5 % при нормі 2 %. Біотестування води Дніпра підтвердило її нетоксичність, а в донних відкладах смертність тест-організмів не перевищувала 50 %. Однак спостерігалася мітозомодифікуюча дія в клітинах *Allium* сера, з хромосомними порушеннями в озері Йорданське. Для озера Вербне відхилень за дослідженими показниками не зафіксовано, що свідчить про сприятливий стан водойм Оболонського р-ну.

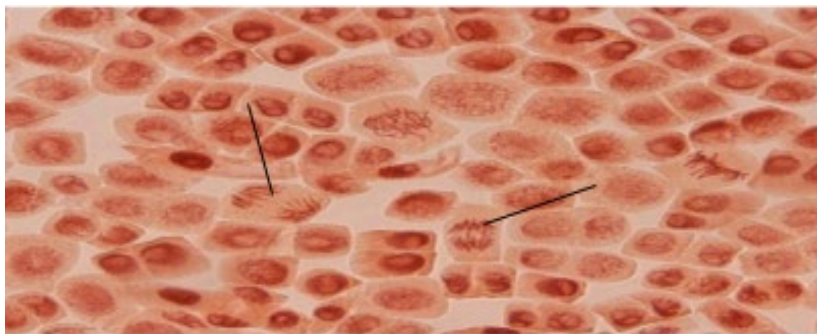


Рис. 2. Порушення поділу в клітинах апікальної меристеми корінців *Allium cepa* L. (X480): 1,2-відставання хромосом, фарбування орсеїном, позначено стрілочками

Список використаних джерел

1. Романенко О. В., Арсан О. М., Кіпніс Л. С., Ситник Ю. М. *Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій*. Київ: Наукова думка. С. 109–126.
2. Кондратенко С. І., Шабетя О. М., Могильна О. М., Ткалич Ю. В. Оцінка дії мутагенних чинників на формування якісних ознак у мутантного покоління салату посівного листового (*Lactuca sativa* var. *secalina* L.). *Вісник аграрної науки: Науково-теоретичний журнал Української Академії аграрних наук*. 2018. № 11. С. 134–140.

Півень А., Ясінський Я., Чопей М.

e-mail: anastasiapiven92@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПАТЕРНИ МЕТИЛЮВАННЯ ДНК У ЛІМФОЦИТАХ ТА ЛІМФОБЛАСТАХ 24-ГОДИНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

Piven A., Yasinskyi Y., Chopei M. DNA methylation patterns in lymphocytes and lymphoblasts of 24h culture

In this study, we employed the methylation-sensitive comet assay to investigate DNA methylation patterns in human lymphocytes and lymphoblast after 24 hours of in vitro cell cultivation. Our results demonstrated a notable contribution of non-CpG methylation to the total DNA methylation level in non-dividing terminally differentiated lymphocytes. Upon activation of lymphocyte proliferation, the relative level of non-CpG methylation significantly increased. These findings highlight the potential of methylation-sensitive comet assay to assess the balance between CpG and non-CpG methylation in different cell types.

Метилювання ДНК – це епігенетичний механізм, який відіграє ключову роль у низці важливих біологічних процесів, таких як регуляція роботи генів, сайленсинг мобільних генетичних елементів, геномний імпринтинг, інактивація Х-хромосоми та інші. Його суть полягає у перенесенні метильної групи на п'ятий атом Карбону в цитозинах, з утворенням 5-метилцитозину. Ця модифікація бере участь у регулюванні експресії генів та безпосередньо пов'язана з пригніченням рівня транскрипції [2]. Метилювання ДНК спостерігається переважно в контексті CpG-динуклеотидів. У ссавців патерни метилювання формуються ще під час ембріонального розвитку та підтримуються протягом клітинного поділу шляхом копіювання метильних груп з материнських ланцюгів ДНК. За це відповідає група ферментів – ДНК-метилтрансфераз. У процесі диференціації клітин патерни та загальний рівень метилювання ДНК відіграє важливу роль у детермінації клітинного фенотипу та його підтриманні. Порушення цього механізму може призводити до розвитку численних хвороб людини. Тривалий час вважалося, що метилювання ДНК у ссавців обмежується лише

СрG-динуклеотидами, проте останні дослідження свідчать про існування 5-метилцитозину також у контексті інших послідовностей, що отримало назву не-СрG-метилування [3].

Метою даної роботи було визначення відносних рівнів СрG- та не-СрG-метилування в лімфоцитах, а також аналіз зміни патернів метилування ДНК під час стимулювання лімфоцитів до поділу в короткостроковій культурі *in vitro*.

Для аналізу був використаний метод метил-чутливого кометного електрофорезу, який дозволяє встановити відносний рівень метилування ДНК на рівні окремих клітин. Використовувалися дві ізошизомерні рестриктази – *MspI* та *HpaII*. Ці ферменти розпізнають однаковий сайт рестрикції (5'-CCGG-3'), проте виявляють різну чутливість до його метилування. Рестриктаза *HpaII* робить розріз у випадку, якщо метильований перший цитозин, що дозволяє виявити метилування в межах не-СрG динуклеотидів. Натомість, фермент *MspI* спрацьовує, якщо метильований другий цитозин цього сайту – канонічне СрG-метилування [1].

Нами було визначено відносні рівні двох типів метилування ДНК у термінально диференційованих лімфоцитах, а також у бласттрансформованих клітинах (лімфоцити, стимульовані до поділу). Встановлено, що в інтактних лімфоцитах значний внесок у загальний рівень метилування ДНК забезпечує метилування по не-СрG-динуклеотидах. При активації проліферації лімфоцитів внесок не-СрG-метилування достовірно зростає. Метод метил-чутливого кометного електрофорезу може бути використаним для визначення співвідношення між СрG- та не-СрG-метилуванням у різних типах клітин.

Список використаних джерел

1. Afanasieva K., Sivolob A. Physical principles and new applications of comet assay. *Biophysical Chemistry*. 2018. Vol. 238. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2018.04.003>
2. Moore L., Le T., Fan G. DNA methylation and its basic function. *Neuropsychopharmacology*. 2013. Vol. 38. P. 23–38. DOI: <https://doi.org/10.1038/npp.2012.112>
3. Patil V., Ward R. L., Hesson L. B. The evidence for functional non-CpG methylation in mammalian cells. *Epigenetics*. 2014. Vol. 9, No. 6. P. 823–828. DOI: <https://doi.org/10.4161/epi.28741>

Польський І.
e-mail: ipolsky@knu.ua
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

БУДОВА ТИПОВИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ АЛЬФА-ЧАСТОТИ

Polsky I. Structure of typical methods of identifying individual alpha frequency

This study investigates common patterns and structures in typical methods of individual alpha frequency discernment. It outlines three main stages – spectrogram creation, denoising and spike discernment – lists methods commonly used at each stage, and points to overlooked algorithms and avenues of improvement.

Альфа-ритм є важливим біологічним маркером, пов'язаним із зоровим аналізатором, пам'яттю, увагою та стресом. Альфа-ритм має ряд параметрів та характеристик, що мають застосування як в діагностичних методах, так і в зборі даних щодо інших характеристик мозкової активності. Через це точні методи визначення характеристик альфа-ритму є об'єктом активних досліджень. Важливою характеристикою альфа-ритму є індивідуальна, або пікова, альфа-частота (ІАФ).

Індивідуальна альфа-частота – частота в альфа-ритмі, що має найбільшу потужність. Індивідуальна альфа-частота пов'язана з увагою, сприйняттям, пам'яттю, інтелектуальною діяльністю, стресом, захворюваннями мозку, у тому числі нейродегенеративними тощо.

На даний момент існує багато способів визначення індивідуальної альфа-частоти. Дослідницькі групи періодично знаходять та застосовують нові методи, що по-різному вирішують проблеми, які постають при визначенні індивідуальної альфа-частоти. Більша частина алгоритмів, що застосовуються для визначення ІАФ, мають спільну структуру.

Метою роботи є проведення огляду наявних методів визначення індивідуальної альфа-частоти та їхньої спільної структури. Спільна структура полегшує покращення методів,

розбиваючи завдання на компоненти, які зручно комбінувати, та різні варіанти, рішення котрих потребують менших зусиль для пошуку, ніж розробка повних алгоритмів одразу. Хоча нетипові методи все ще важливі, структуровані типові методи зменшують необхідний об'єм роботи.

Першим етапом є спектрограми. Типові методи визначення ІАФ оперують спектрограмами, а не часовими послідовностями. Найпоширенішими методами отримання спектрограм є перетворення Фур'є на ковзаючому вікні [1] та метод Уелча [2].

Обидва методи є варіантами перетворення Фур'є, що жертвують частиною роздільної здатності в частотах заради роздільної здатності в часі. Іншим такого роду методом є перетворення Wavelet, що є більш гнучким у виборі балансу частотної та часової роздільної здатності, а також можуть бути згенеровані для пошуку конкретних закономірностей у сигналі. Незважаючи на свої переваги, у наявній на даний момент літературі Wavelet-перетворення не застосовується.

Другим етапом є знешумлення. Методи знешумлення можна розділити на наївні та біологічно-інформовані.

Наївні методи знешумлення включають апроксимацію кривих, наприклад методом Левенберга [2], логарифмічні перетворення та фільтр Савицького–Голея. Ці методи знешумлюють сигнал, зберігаючи при цьому форму та місцезнаходження піків.

Біологічно-інформовані методи побудовані на розумінні активності мозку, а саме, складу фонові активності та залежності потужностей від частоти. Алгоритм FOOOF [3, 4] розкладає сигнал на періодичні та неперіодичні складові. Подібним чином працює метод Гросселін, Еттала та Чавеса [6]. Вони застосовують логарифмічне перетворення та згладжування, щоб отримати модель тенденції виду $1/f$, де f – частота. Далі, за допомогою лінійної регресії, визначається та видаляється фон.

Третім етапом є пошук та розпізнавання піків. Частіше за все використовують методи на основі градієнтного спуску, аналізу похідної та підгонки кривих. Також існує метод "центру мас" [1], який спирається на зважені середні значення потужності, але потребує розрахунку індивідуальних характеристик мозку обстежуваного, що потребує додаткових тестів.

Гросселін, Еттал та Чавес [6] застосовують багатоетапний процес, що застосовує послідовність тестів. Якщо пік один, він визначається як ІАФ та записується як історичне значення. Якщо піків декілька, відсіюються піки, що віддалені від середнього історичного значення більше, ніж на одне стандартне відхилення розподілу історичних значень. Якщо після цього залишається кілька кандидатів, обирається пік з найбільшою потужністю. Якщо різниця в потужностях недостатня, ІАФ на дану епоху не визначається. Цей метод точніший за наївні підходи, але має більший ризик не отримати результат взагалі.

Виходячи зі стану методології сьогодні, існує потенціал для прогресу на всіх трьох етапах типового шляху визначення ІАФ. В отриманні спектрограми перспективними є Wavelet-перетворення. У знешумленні є сенс закладати більше інформації про активність головного мозку, можливо про інші маркери в альфа-діапазоні. При розпізнаванні піків покращення можливі в кращому алгоритмі інтеграції історичних даних. Описаний вище метод працює послідовно, додавання можливості інтегрувати дані з майбутніх записів можуть покращити надійність за рахунок більшої легкості в знаходженні початкових значень для зв'язки. Також можливі пошуки інших корелятивів та маркерів, пов'язаних з ІАФ.

Окремо слід зазначити потенціал нейронних мереж, наприклад трансформерів та мереж з довгочасною-короткочасною пам'яттю (LSTM). Вони здатні до передбачення дуже складних багатовимірних функцій, але потребують якісних тренувальних та тестових даних для створення, що ускладнює їхню розробку.

Список використаних джерел

1. Corcoran A. W., Alday P. M., Schlesewsky M., Bornkessel-Schlesewsky I. Toward a reliable, automated method of individual alpha frequency (IAF) quantification. *Psychophysiology*. 2018. Vol. 55, N 7. e13064. DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.13064>
2. Lodder S. S., van Putten M. J. A. M. Automated EEG analysis: Characterizing the posterior dominant rhythm. *Journal of Neuroscience Methods*. 2011. Vol. 200, N 1. P. 86–93. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.06.008>
3. Turner C., Baylan S., Bracco M., Cruz G., Hanzal S., Keime M., Kuye I., McNeill D., Ng Z., van der Plas M., Ruzzoli M., Thut G., Trajkovic J.,

Veniero D., Wale S. P., Whear S., Learmonth G. Developmental changes in individual alpha frequency: Recording EEG data during public engagement events. *Imaging Neuroscience*. 2023. Vol. 1. P. 1–14.

4. Donoghue T., Haller M., Peterson E. J., Varma P., Sebastian P., Gao R., Voytek B. Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*. 2020. Vol. 23, N 12. P. 1655–1665. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>

5. Iwama S., Ushiba J. Rapid-IAF: Rapid Identification of Individual Alpha Frequency in EEG Data Using Sequential Bayesian Estimation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2024. Vol. 32. P. 915–922. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3365197>

6. Grosselin F., Attal Y., Chavez M. A Robust Method for the Individual Alpha Frequency Detection in EEG. *Proc. 6th International Congress on Neurotechnology, Electronics and Informatics*. 2018. Vol. 1. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.5220/0006895700350040>

Prokopiv M., Litvinov S.

e-mail: martaprokopiv27@gmail.com

Department of Biophysics and Radiobiology,
Institute of Cell Biology and Genetic Engineering,
National Academy of Sciences of Ukraine

EFFECT OF CHRONIC LOW-DOSE IONISING IRRADIATION ON THE CONTENT OF AMYLOIDISED PROTEINS IN SOYBEAN PROTEOME

In recent years, amyloid proteins have been extensively studied due to their impact on the development of neurodegenerative diseases and their uniqueness in many areas. For example, they are used in controlled drug delivery platforms, biosensors, antibacterial hydrogels and cell culture skeletons [3]. In addition, there is a growing interest in studying the impact of external stressors, in particular low-dose ionising radiation, as living organisms are constantly exposed to it and it can potentially lead to amyloidisation of proteins in both plants and animals [2]. The objective of the present study was to examine the impact of chronic low-intensity exposure to low doses of radiation in radioactively contaminated areas on the potential accumulation of amyloidogenic proteins in soybean seeds.

The validation of the amid domain content and changes in proteome conformation was achieved through the utilisation of Fourier-transform infrared ATR-FTIR spectroscopy of seeds, ground to a fine powder (Nicolet FTIR IS50 spectrometer, Thermo Fisher Scientific, USA) [1]. Soybean plants were cultivated during the growing season on a radioactively contaminated plot in Chystogalivka, which is located within the Chornobyl Exclusion Zone, and on a control plot that was free of contamination and located in Chornobyl. At the conclusion of the growing season, seeds were harvested and stored in a refrigerator set at +4 °C until further analysis using a FTIR-spectrometer and the preparation of microslides. The microslides of the soybean seed proteome aggregated with SDS and were stained with Congo red for fluorescence microscopy, as described in [1]. Only statistically significant differences were analysed.

Seeds from the Chystogalivka plot exhibited a marginal decrease in protein content, with a 2.3 % reduction compared to the control. Concurrently, the present study failed to demonstrate any alterations in the proteome conformation of soybean seeds cultivated at the radioactively contaminated site. The Amide I/Amide II ratio index, a marker of amyloid protein accumulation, did not differ between seeds from radioactively contaminated and control plots. However, an increase in the concentration of amyloidised aggregates by 50.5 % was observed in the variant from Chistogalivka when total proteins were treated with SDS detergent and microslides were analysed (Fig. 1).

It is noteworthy that an increase in both the Amide I/Amide II index and the concentration of amyloidised aggregates on microslides was observed in the roots of 3-day-old pea seedlings, another legume plant, following exposure of seeds to an acute radiation dose of 50 Gy [1]. This exposure led to the synthesis and accumulation of amyloidogenic proteins, which were absent in the roots of unirradiated control. It is therefore hypothesised that, in response to acute irradiation at a high dose, there is an increase in the synthesis and subsequent accumulation of amyloidogenic proteins within plant cells. Conversely, at low doses of chronic irradiation, *de novo* synthesis of amyloidogenic proteins is not observed; however, the presence of external factors, such as detergents, can enhance the propensity of existing amyloidogenic proteins to aggregate.

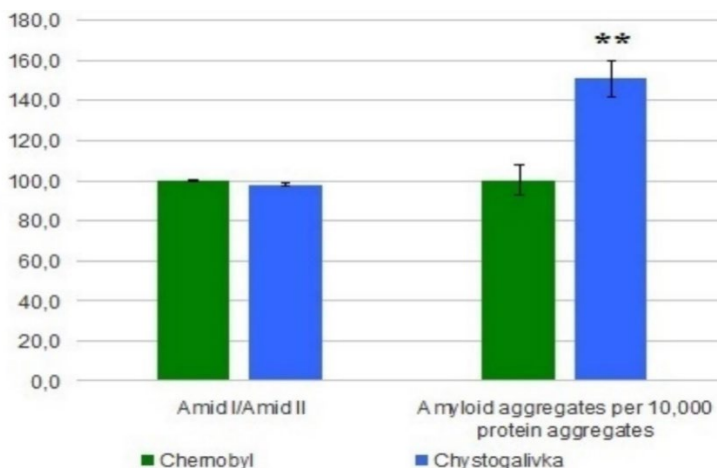


Fig. 1. The diagram clearly shows that there is no statistically significant difference between amide I/amide II in the Chernobyl and Chystogalivka samples, and a significant increase (50 %) in the number of protein aggregates in the Chystogalivka samples compared to Chernobyl (Note: ** $p < 0.01$)

We assume that low doses of chronic low-intensity IR exposure have the capacity to influence the amyloidisation of soybean seed proteins when influenced by protein denaturing factors.

References

1. Kryvokhyzha, M., Litvinov, S., Danchenko, etc. How does ionizing radiation affect amyloidogenesis in plants? *International Journal of Radiation Biology*. 2024. Vol. 100. P. 922–933. DOI: <https://doi.org/10.1080/09553002.2024.2331126>
2. Li, T., Zhou, J., Peydayesh, M., Yao, et al. Plant protein amyloid fibrils for multifunctional sustainable materials. *Advanced Sustainable Systems*. 2023. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1002/adsu.202200414>
3. Rashydov, N. M., & Hajduch, M. Chernobyl seed project. Advances in the identification of differentially abundant proteins in a radio-contaminated environment. *Frontiers in Plant Science*. 2015. Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00493>

Різун О., Хадиров А.

e-mail: o.rizun@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ФІЗІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХЛИВОСТІ КИШКІВНИКА ПІД ДІЄЮ PICO145

Rizun O., Khadyrov A. Physiological study of pico145 action on intestinal motility

Pico145 is a potent inhibitor of TRPC4 cation channels that are a key component in acetylcholine induced smooth muscle contraction mechanism. Here we investigated the action of pico145 on the actual gut contractility using ex vivo motility recordings and postprandial transit tests.

Pico145 – потужний новітній інгібітор TRPC4 катіонних каналів, що діє у пікомолярному діапазоні [3]. Ці канали є ключовим компонентом у скоротливій відповіді гладких м'язів кишківника на ацетилхоліновий сигнал. Подвійна активація M2 і M3 мускаринових рецепторів призводить до активації TRPC4-каналів, що призводить до деполяризації мембрани міоцита і активації потенціал-залежних кальцієвих каналів, входу кальцію в клітину, що запускає скорочення [1]. Дія pico145 на даний канал достатньо описана на молекулярному рівні [2, 3], але мало показано, як інгібування каналу позначається на реальній скоротливій функції тонкого кишківника.

У цій роботі досліджувалась рухливість кишківника мишей методом *ex vivo*, а також кишковий транзит після вживання їжі, за і без дії pico145. У першому експерименті досліджувалась рухливість гостро ізольованих сегментів ілеуму (~5 см, по 5 фрагментів на мишу) шляхом запису й аналізу відео спонтанних або карбахол-індукованих скорочень [2]. Цей метод, на відміну від класичної тензометрії, дозволяє дослідити скорочення у більш фізіологічних умовах, оскільки природно м'язи кишківника не скорочуються в ізометричному режимі, як це відбувається у класичному методі тензометрії. Для аналізу було обрано дистанцію між двома кінцями сегмента (виражена в пікселях), і результат подавався як відношення цих довжин на початку експерименту і через 300 с. Дослід проводився у чашці Петрі з

модифікованим розчином Кребса, підігрітим до 37 °C у термостаті. Отримані значення середнього відносного зміщення свідчать про інгібування пісо145 карбахол-індукованих скорочень порівняно з контролем ($p = 0,09$).

У другому експерименті миші витримувались добу без їжі, потім їм згодовувалось 250 мл розчину пісо145 у розрахунку 2 мг на 1 кг ваги або вода. Миша годувалась стандартним кормом, пофарбованим синім харчовим барвником Royal Blue. Рівно через пів години після початку прийому їжі миша забивалась, тонкий кишківник діставався, витягувався на столі [2, 4]. Оцінювалось співвідношення дистанції проходу їжі (у см) до загальної довжини тонкого кишківника. У контролі хімус долав 71 % тонкого кишківника за цей час, а при застосуванні пісо145 – 40 % ($p < 0,01$). Але слід зазначити, що в половині випадків пісо145 взагалі не мало гальмуючого ефекту на проходження їжі, а мав статистично незначний посилюючий ефект, такі миші аналізувались окремо.

Показано функціональну експресію TRPC4 каналів та роль пісо145 у гальмуванні реальної скоротливої активності фрагментів кишківника та гальмуванні кишкового транзиту.

Список використаних джерел

1. Species-Related Differences in the Properties of TRPC4 Channels in Intestinal Myocytes of Rodents / D. O. Dryn et al. *Neurophysiology*. 2016. Vol. 48, N 4. P. 220–229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11062-016-9592-8>
2. Pico145 inhibits TRPC4-mediated mICAT and postprandial small intestinal motility / D. O. Dryn et al. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2023. Vol. 168. P. 115672. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115672>
3. Pico145 – powerful new tool for TRPC1/4/5 channels / H. N. Rubaiy et al. *Channels*. 2017. Vol. 11, N. 5. P. 362–364. DOI: <https://doi.org/10.1080/19336950.2017.1317485>
4. Deletion of TRPC4 and TRPC6 in Mice Impairs Smooth Muscle Contraction and Intestinal Motility In Vivo / V. V. Tsvilovsky et al. *Gastroenterology*. 2009. Vol. 137, N 4. P. 1415–1424. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.06.046>

Савуляк О.

e-mail: oleksandr.sav@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ АНЕСТЕТИКА ЛІДОКАЇНУ НА КАРБАХОЛ-ВИКЛИКАНІ СКОРОЧЕННЯ КІЛЬЦЕВИХ ГЛАДЕНЬКИХ М'ЯЗІВ ТОНКОГО КИШКІВНИКА МИШІ

Savuliak O. Effect of the anaesthetic lidocaine on carbachol-induced contractions of small intestinal ring muscles in the mouse

This study investigated the impact of the anesthetic lidocaine on contractions of the circular smooth muscles of the mouse small intestine stimulated by carbachol. Lidocaine, a local anaesthetic, has the capacity to affect muscle tissue. The experimental protocol involved exposing muscle strips to carbachol, followed by lidocaine application. The strength of muscle contractions was measured in both conditions using tensiometry technique.

Моторика тонкого кишківника, що включає ритмічні скорочення гладеньких м'язів, є критично важливою для процесів травлення та просування кишкового вмісту. Ця моторика регулюється складною взаємодією міогенних, нейрогенних та гормональних механізмів. Одним із ключових збуджуючих нейротрансмітерів у шлунково-кишковому тракті (ШКТ) є ацетилхолін, який, вивільняючись з ентеральних мотонейронів, стимулює скорочення гладеньких м'язів шляхом активації мускаринових ацетилхолінових рецепторів [1]. Карбахол, синтетичний ефір холіну, є потужним мускариновим агоністом, що імітує дію ацетилхоліну на гладенькі м'язи, викликаючи їх скорочення. Карбахол впливає на гладенькі м'язи, зв'язуючись переважно з M_2 та M_3 підтипами мускаринових рецепторів, які є домінуючими у гладеньких м'язах ШКТ [2]. Активація цих рецепторів карбахолом запускає каскад внутрішньоклітинних подій, зокрема збільшення концентрації внутрішньоклітинного кальцію та підвищення чутливості скоротливого апарату до Ca^{2+} . Сьогодні відомо, що пригнічення рецепторів типу M_2 у дрібних кільцевих м'язах миші не змінило карбахол-викликані

скорочення, тоді як антагоніст рецептора типу M_3 навпаки, повністю пригнічував відповідні скорочення [3]. Лідокаїн, широко використовуваний місцевий анестетик амідного типу, головним чином діє шляхом зворотного блокування потенціал-залежних натрієвих каналів у мембранах нервових клітин, таким чином пригнічуючи генерацію та проведення нервових імпульсів і викликаючи місцеву анестезію. Проте сьогодні цей препарат використовують також і як компонент загальної мультимодальної безопіоїдної анестезії, що зумовлює нові виклики у дослідженнях побічних ефектів дії анестетика, зокрема на гладенькі м'язи кишківника [4].

Метою роботи було дослідити вплив місцевого анестетика лідокаїну на скоротливу активність кільцевих м'язів відділу *ileum* тонкого кишківника миші.

Скоротлива активність кільцевих м'язів досліджувалась в ізометричному режимі з використанням методу тензометричної реєстрації. Досліди виконувались на ізольованому сегменті відділу *ileum* (до 0,5 см) тонкого кишечника миші (самці, 3 місяці, лінія Albino B6). Використовували розчин Кребса такого складу (ммоль/л): NaCl – 133, NaHCO_3 – 16,3, NaH_2PO_4 – 1,38, KCl – 4,7, MgCl_2 – 1,05, глюкозу – 11,5, CaCl_2 – 2,73, HEPES – 10; pH 7,4 (NaOH).

Як контроль стимулювали скорочення кільцевих м'язів за допомогою розчину карбахола (50 μM). Далі додавали розчин лідокаїну (3 мкг/мл) і на його фоні через 10 хв реєстрували карбахол-викликане скорочення, після чого препарат відмивали розчином Кребса. Реєстрація тензометричних даних проводилася програмою LabScribe3 (Version 3, iWorx Systems Inc.), а їх аналіз здійснювався в програмних пакетах Clampfit (Version 11.4.1.10, Molecular Devices, LLC.) і R (Version 4.4).

Застосування карбахола до кільцевих м'язових смужок тонкого кишківника миші викликало послідовну скоротливу реакцію. Подальше додавання лідокаїну в протестованій концентрації не призвело до статистично значущої зміни амплітуди скорочень, викликаних карбахолом, що було визначено за допомогою парного критерію Вілкоксона ($p > 0,05$). Це свідчить про те, що за конкретних експериментальних умов цього дослідження лідокаїн не мав значного модулюючого впливу (ні інгібуючого, ні

потенціюючого) на скорочення кільцевих м'язів тонкого кишківника миші, викликане карбахолом. Середнє значення амплітуди скорочень у контрольній групі становило $0,25 \pm 0,18$, тоді як у присутності лідокаїну – $0,22 \pm 0,14$ ($M \pm SD$). Загальна кількість скоротливих піків у контрольних умовах становила 130, а після додавання лідокаїну – 122.

Ці результати свідчать про те, що за конкретних експериментальних умов цього дослідження лідокаїн не мав статистично значущого модулюючого впливу, ані інгібуючого, ані потенціюючого, на скорочення кільцевих м'язів тонкого кишківника миші, викликане карбахолом. Проте ці дані контрастують з попередніми дослідженнями, які показали, що лідокаїн у концентраціях 1,5, 3 та 5 мкг/мл пригнічує індуковане карбахолом скорочення на 16, 27 та 37 % відповідно до контролю для поздовжніх гладеньких м'язів тонкого кишківника [5]. Ця розбіжність підкреслює потенційну різницю у впливі лідокаїну на різні м'язові шари тонкого кишківника.

Список використаних джерел

1. Corcoran A. W., Alday P. M., Schlesewsky M., Bornkessel-Schlesewsky I. Toward a reliable, automated method of individual alpha frequency (IAF) quantification. *Psychophysiology*. 2018. Vol. 55, N 7. e13064. DOI: <https://doi.org/10.1111/psyp.13064>
2. Lodder S. S., van Putten M. J. A. M. Automated EEG analysis: Characterizing the posterior dominant rhythm. *Journal of Neuroscience Methods*. 2011. Vol. 200, N 1. P. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.06.008>
3. Turner C., Baylan S., Bracco M., Cruz G., Hanzal S., Keime M., Kuye I., McNeill D., Ng Z., van der Plas M., Ruzzoli M., Thut G., Trajkovic J., Veniero D., Wale S. P., Whear S., Learmonth G. Developmental changes in individual alpha frequency: Recording EEG data during public engagement events. *Imaging Neuroscience*. 2023. Vol. 1. P. 1–14.
4. Donoghue T., Haller M., Peterson E. J., Varma P., Sebastian P., Gao R., Voytek B. Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*. 2020. Vol. 23, N 12. P. 1655–1665. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
5. Iwama S., Ushiba J. Rapid-IAF: Rapid Identification of Individual Alpha Frequency in EEG Data Using Sequential Bayesian Estimation. *IEEE*

Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2024. Vol. 32. P. 915–922. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3365197>

6. Grosselin F., Attal Y., Chavez M. A Robust Method for the Individual Alpha Frequency Detection in EEG. *Proc. 6th International Congress on Neurotechnology, Electronics and Informatics*. 2018. Vol. 1. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.5220/0006895700350040>

¹**Саламін К.**, ²**Саламін Р.**

e-mail: kosalamin.1m22@knmu.edu.ua

¹Харківський національний медичний університет

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

БІОІНФОРМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСИНОНІМІЧНИХ ЗАМІН У ГЕНІ *IL2RG* ЛЮДИНИ В КОНТЕКСТІ ІМУНОТЕРАПІЇ РАКУ

Salamin K., Salamin R. Bioinformatic study of nonsynonymous substitutions in human *IL2RG* gene in the context of cancer immunotherapy

*The study analyses the effect of *IL2RG* gene missense mutations on the structure and function of CD132 protein. Four SNVs with a negative impact on both protein functions and stability were found. They were related to highly conserved buried amino acids of functionally important protein domains. One of these variants (Y91C) was identified as pathogenic for the first time.*

Інтерлейкіни (ІЛ) відіграють одну з провідних ролей у функціонуванні імунної системи [1]. Особливу увагу серед них привертає ІЛ-2, який продукується переважно Т-лімфоцитами та НК-клітинами у процесі активації антигенами [2, 3]. Стимуляція ним проліферації й диференціювання Т- та В-лімфоцитів опосередкована зв'язуванням з гетеротримерним трансмембранним рецептором ІЛ-2R та декількома сигнальними каскадами [2]. ІЛ-2 є важливим компонентом протипухлинного захисту організму і використовується в імунотерапії раку, однак у деяких випадках ІЛ-2 та ІЛ-2R можуть сприяти малігнізації та метастазуванню [2, 3]. Мутації гена *IL2RG*, що кодує субодиницю γ-рецептора ІЛ-2R (CD132), також спричиняють Х-зчеплений тяжкий комбінований імунodefіцит та запальну хворобу кишківника [4]. Однак дослідженню асоціацій одонуклеотидних варіантів (SNVs) гена з цими патологіями досі приділялося мало уваги.

Метою роботи є аналіз впливу міссенс-мутацій гена *IL2RG* на структуру та функції протеїну CD132 *in silico*.

Анотована послідовність білка CD132 та 305 його варіантів отримані з біоінформатичної бази Uniprot. Вплив міссенс-мутацій гена *IL2RG* на функціональність протеїну CD132 визначали за допомогою біоінформатичних предикторів fathmm, PANTHER, PhD-SNP, PolyPhen-2, SIFT та SNPs&GO, а на стабільність – з використанням онлайн-інструментів I-Mutant2.0, INPS-MD, MUpro та iStable. Вторинну структуру протеїну визначали за допомогою сервера NPS@. Еволюційну консервативність розташування амінокислот у протеїні CD132 оцінювали засобами сервера Consurf. Пошук функціональних доменів протеїну проводили з використанням інструменту SMART.

Найменше хвороботворних несинонімічних SNVs гена *IL2RG* передбачено сервісом SNPs&GO – 47, а найбільше – сервісом SIFT – 290. Усього 12 варіантів визначені шістьма використаними предикторами одночасно як такі, що негативно впливають на функціональність протеїну CD132, при цьому три з них не зазначені в базі Uniprot як патогенні.

Оцінки зниження стабільності протеїну CD132 під впливом міссенс-мутацій коливалися від 65 в інструменті INPS-MD до 246 в інструменті I-Mutant2.0. Усіма чотирма використаними предикторами одночасно встановлено 51 SNVs, що знижують стабільність протеїну, для 15 з них патогенність попередньо не була встановлена.

Порівняння результатів аналізу ефекту міссенс-мутацій на функціональність та стабільність субодиниці γ -рецептора IL-2R показало наявність чотирьох варіантів, віднесених усіма предикторами до пошкоджуючих, при цьому для одного з них – Y91C – патогенність передбачена вперше.

Вивчення вторинної структури протеїну CD132 виявило, що ділянки α -спіралі охоплюють лише 20,1 % його амінокислотних залишків, тоді як решта входить до складу інших структурованих ділянок та зовнішніх структур. Міссенс-мутації сприяли незначному перерозподілу амінокислотних залишків між структурними ділянками протеїну.

Дослідження консервативності амінокислотних залишків показало, що всі чотири виявлені патогенні варіанти пов'язані з

замінами висококонсервативних прихованих амінокислот. Усі вони перебували в межах функціонально значущих доменів Pfam та FN3 протеїну CD132.

Таким чином, в осіб з X-зчепленим тяжким комбінованим імунodefіцитом невизначеної етіології доцільно додатково встановити асоціацію із заміною Y91C у протеїні CD132, а у хворих із злоякісною меланою та нирково-клітинною карциною – визначити наявність цієї ж заміни задля прийняття обґрунтованого рішення щодо імунотерапії IL-2 або його похідними.

Список використаних джерел

1. Cytokines and Interferons: Types and Functions / V. L. Ferreira et al. *Autoantibodies and Cytokines*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.74550>
2. Reigniting hope in cancer treatment: the promise and pitfalls of IL-2 and IL-2R targeting strategies / S. Muhammad et al. *Molecular Cancer*. 2023. Vol. 22, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01826-7>
3. Shouse A. N., LaPorte K. M., Malek T. R. Interleukin-2 signaling in the regulation of T cell biology in autoimmunity and cancer. *Immunity*. 2024. Vol. 57, N 3. P. 414–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2024.02.001>
4. A novel X-linked mutation in *IL2RG* associated with early-onset inflammatory bowel disease: a case report of twin brothers / E. Rayzan et al. *Journal of Medical Case Reports*. 2023. Vol. 17, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13256-023-04049-y>

Stratiichuk R., Zholos O.

ESC "Institute of Biology and Medicine"
Taras Shevchenko National University of Kyiv
e-mail: romanstratiichuk1@gmail.com

ADMET PREDICTION USING MOLECULAR EMBEDDINGS BASED ON MOL2VEC: A COMPARATIVE STUDY WITHIN THE TDC

The process of drug discovery is lengthy, costly, and highly risky. One of the primary challenges is optimizing the pharmacokinetic (PK) properties of molecules, particularly absorption, distribution, metabolism, excretion, and toxicity (ADMET) [1, 2]. Computational methods, notably machine learning (ML) and deep learning (DL), are increasingly employed to address these challenges [2, 3].

Mol2Vec is an unsupervised ML approach inspired by the Word2Vec algorithm [4]. It generates high-dimensional vector representations of chemical substructures, aiming to position chemically related substructures close in the vector space. A molecule is divided into substructures using Morgan fingerprints with a radius of 1, encoding local atomic environments. These substructures are treated as "words" and embedded into vectors through a Word2Vec model we trained on approximately 883 million molecules from the ZINC20 database. The resulting substructure vectors are summed to obtain the final molecular embedding, resulting in a 512-dimensional feature vector per molecule.

After generating Mol2Vec embeddings, additional molecular features were computed, including Mordred descriptors (2D), MCE-18, Morgan fingerprints, RDKit fingerprints, Layered fingerprints, Atom fingerprints, Topological fingerprints, Avalon fingerprints, PharmBase fingerprints, and MACCS keys. Overall, 94,729 general features and 512 Mol2Vec features were produced per molecule.

To reduce dimensionality and improve model efficiency, feature selection methods were applied to the general features, retaining only those that passed the following criteria: unique selector (features with more than one unique value), variance selector (variance > 0.05), correlation selector (Pearson correlation < 0.95 to avoid highly correlated features), and Random Forest importance selector (top 90 % cumulative importance). The final feature set for each ADMET task consisted of the selected general features combined with all Mol2Vec features.

After generating molecular embeddings with Mol2Vec and applying feature selection, these features were used to train ML models. Model training employed multilayer perceptrons (MLPs) with hyperparameter optimization using the Optuna library [5]. For tuning, the following hyperparameters were considered: number of layers (1 to 5), activation functions (ReLU, PReLU, ELU, LeakyReLU), number of units per layer (500 to 8000), batch normalization (optional), dropout (optional, 0.1 to 0.5), learning rate (0.00001 to 0.1), weight decay (0.00005 to 0.005), and batch size (16 to 2048). The Adam optimizer was used for all tasks, with 200 optimization trials and 100 epochs of training.

Evaluation metrics included Mean Absolute Error (MAE), ROC-AUC, Spearman correlation, and PR-AUC.

TDC (Therapeutics Data Commons) is the first unified platform created for systematic access to and evaluation of ML applications across the wide spectrum of ADMET parameters [6]. Our models were trained and evaluated on 16 ADMET benchmarks from the TDC, encompassing both classification and regression tasks. Results demonstrated that our Mol2Vec-based model achieved top rankings across numerous benchmarks.

In absorption tasks, the model excelled in human intestinal absorption (HIA), P-Glycoprotein substrate prediction, and oral bioavailability (Tab.1).

Table 1. Comparison of TDC leaderboard best results and our best results across different ADMET endpoints

Dataset	Metric	TDC Best	Our Best	Place
Caco-2 permeability	MAE	0.276 ± 0.005	0.315 ± 0.017	7
HIA	ROC-AUC	0.990 ± 0.002	0.996 ± 0.001	1
P-glycoprotein substrate	ROC-AUC	0.938 ± 0.002	0.948 ± 0.004	1
Bioavailability	ROC-AUC	0.753 ± 0.000	0.776 ± 0.027	1
BBB	ROC-AUC	0.920 ± 0.006	0.930 ± 0.004	1
PPB	MAE	7.505 ± 0.073	7.470 ± 0.192	1
VDss	Spearman	0.713 ± 0.007	0.646 ± 0.026	4
CYP2C9 Inhibition	PR-AUC	0.859 ± 0.001	0.800 ± 0.001	4
CYP2D6 Inhibition	PR-AUC	0.790 ± 0.001	0.726 ± 0.004	3
CYP3A4 Inhibition	PR-AUC	0.916 ± 0.0	0.884 ± 0.001	4
CYP2C9 Substrate	PR-AUC	0.441 ± 0.033	0.556 ± 0.055	1
CYP2D6 Substrate	PR-AUC	0.736 ± 0.024	0.822 ± 0.008	1
CYP3A4 Substrate	ROC-AUC	0.667 ± 0.019	0.776 ± 0.015	1
hERG inhibition	ROC-AUC	0.880 ± 0.002	0.897 ± 0.003	1
Ames mutagenicity	ROC-AUC	0.871 ± 0.002	0.877 ± 0.001	1
DILI	ROC-AUC	0.925 ± 0.005	0.964 ± 0.004	1

In distribution, it performed well in blood-brain barrier (BBB) penetration and plasma protein binding (PPB) (Table 1). In metabolism, the model ranked highly for CYP2C9, CYP2D6, and CYP3A4 substrate prediction (Table. 1). In toxicity, it achieved leading results in hERG inhibition, drug-induced liver injury (DILI), and Ames mutagenicity prediction (Table. 1).

Compared to other methods like DeepMol [8], Chemprop [9], and ZairaChem [10], our model provides a balanced combination of interpretability, flexibility, and accuracy. It supports both classification and regression tasks, handles structured molecular data in SDF format, and, unlike Chemprop or ZairaChem, is not limited to DL architectures or binary outputs.

In conclusion, the Mol2Vec-based ADMET model provides a reliable and versatile tool for drug development, enabling high-quality molecular property prediction through advanced substructure embeddings and robust data preprocessing pipelines. Across the majority of ADMET endpoints, our models consistently outperforms existing methods in terms of predictive accuracy, demonstrating its strong potential for broad application in early-stage drug discovery.

References

1. Hua Y., Dai X., Xu Y. et al. Drug repositioning: Progress and challenges in drug discovery for various diseases. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2022. Vol. 234. P. 114239.
2. Catacutan D.B., Alexander J., Arnold A. et al. Machine learning in preclinical drug discovery. *Nature Chemical Biology*. 2024. Vol. 20(8). P. 960–973.
3. Feinberg E.N., Joshi E., Pande V.S., Cheng A.C. Improvement in ADMET Prediction with Multitask Deep Featurization. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2020. Vol. 63(16). P. 8835–8848.
4. Desai A., Zumbo A., Giordano M., et al. Word2vec Word Embedding-Based Artificial Intelligence Model in the Triage of Patients with Suspected Diagnosis of Major Ischemic Stroke: A Feasibility Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19(22). P. 15295.
5. Akiba T., Sano S., Yanase T. et al. Optuna: A Next-Generation Hyperparameter Optimization Framework. *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 4-8 August 2019. P. 2623–2631.

6. Huang K., Fu T., Gao W. et al. Therapeutics data commons: Machine learning datasets and tasks for drug discovery and development. *Proceedings of the NeurIPS Track on Datasets and Benchmarks*. 2021. Vol. 1.
7. Correia J., Capela J., Rocha M. DeepMol: an automated machine and deep learning framework for computational chemistry. *Journal of Cheminformatics*. 2024. Vol. 16(1). P. 136.
8. Heid E., Greenman K.P., Chung Y., et al. Chemprop: A Machine Learning Package for Chemical Property Prediction. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2024. Vol. 64(1). P. 9–17.
9. Notwell J.H., Wood M.W. ADMET property prediction through combinations of molecular fingerprints. 2023 (preprint, arXiv). Available from: <https://arxiv.org/abs/2310.00174>

Чудовська М., Ільчишин Ф.

e-mail: mirabilismar@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПІДБІР ПОЛІМОРФНИХ МАРКЕРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ СПОРІДНЕНОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ *PANTHERA TIGRIS*

Chudovska M., Ilchyshyn F. Selection of polymorphic markers for determining genetic relatedness among *Panthera tigris* individuals

Captive tiger populations in Ukraine are small and poorly documented, especially in private collections. Lack of pedigree data makes responsible pair selection critical to avoid inbreeding and genetic uniformity. The aim of this study is to develop a reliable genetic testing system based on polymorphic loci commonly used to assess genetic relatedness in big cats. Fecal samples were chosen as a safe, non-invasive DNA source. They allow efficient extraction of nuclear DNA for further analysis. Our goal is to identify the most effective method for evaluating relatedness and supporting ethical breeding decisions.

Не існує достовірної інформації щодо кількості тигрів, що утримуються на території України, втім за приблизною оцінкою розмір популяції не перевищує сотні особин. Більшість українських зоопарків і особливо приватних утримувачів не мають доступу до міжнародних баз даних як-от ZIMS або не

використовують їх систематично, що ускладнює облік кількості і доступність інформації про родинні зв'язки тигрів. Це створює значну ймовірність високої спорідненості між окремими особинами, що може негативно позначитись на здоров'ї та життєздатності потомства, і, глобально, до зменшення генетичної гетерогенності штучної популяції.

Тому розробка зручної тест-системи на основі загальноприйнятих генетичних маркерів для великих котячих є надзвичайно важливою. Така система дозволить оперативно визначити генетичну спорідненість між особинами та дасть змогу приймати більш етичні і валідні рішення щодо підбору пар. Отримані дані допоможуть запобігти можливим проблемам інбридингу та гомозиготизації, що особливо критично для малих популяцій, які формуються в наявних умовах.

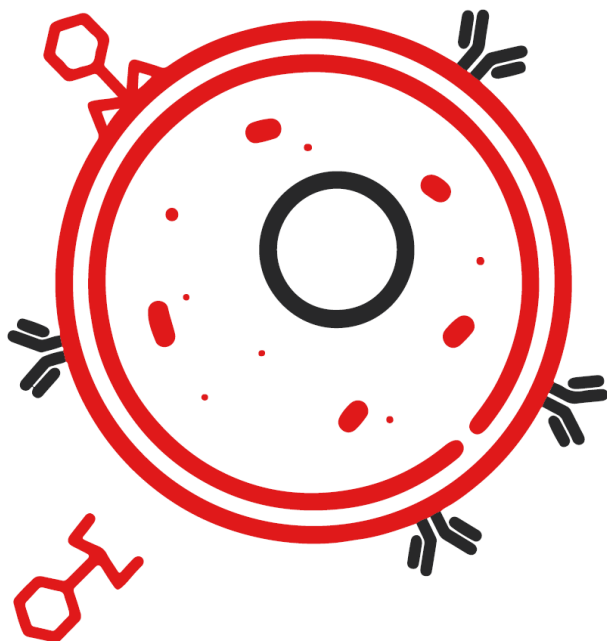
На поточному етапі роботи сформовано бібліотеку зразків ДНК, отриманих від 15 особин тигрів, що утримуються в зоопарках України, включаючи приватні. Як джерело генетичного матеріалу використовувалися фекалії тигрів. Використання фекалій для виділення ДНК має низку суттєвих переваг. По-перше, це безпечний, зручний і неінвазивний метод забору матеріалу. Збір матеріалу проводиться у рамках рутинного догляду за тваринами, наприклад, під час перегонки для прибирання вольєру, що значно спрощує цей процес для дослідника і мінімізує стрес для тварин. По-друге, фекалії містять епітеліальні клітини кишечника в кількості, достатній для виділення ядерної ДНК у високих концентраціях. Також, після збору зразків, використовується спеціальне транспортне середовище, що без підтримання особливих умов дозволяє перевозити зразки, зберігаючи ДНК до проведення екстракції в лабораторії. Таким чином, застосування фекалій як джерела генетичного матеріалу забезпечує максимально зручний і надійний спосіб проведення STR-аналізу для визначення родинних зв'язків у великих хижих тварин.

Після екстракції ДНК із фекалій якості та концентрацію зразків перевірили за допомогою спектрофотометричного аналізу, що дозволяє оцінити ступінь чистоти ДНК та загальну концентрацію нуклеїнових кислот у зразку. Застосовано метод

кількісної ПЛР для попередньої оцінки ефективності ампліфікації цільового продукту. Довжина продукту і гомо- чи гетерозиготність встановлюється за допомогою акриламідного гель-електрофореza.

На семи зразках із бібліотеки було протестовано один із рекомендованих у літературі мікросателітних локусів. Усі особини виявилися гомозиготними за даним маркером, що може свідчити про низький рівень поліморфізму цього локусу в досліджуваній вибірці. Така однорідність може бути наслідком високої спорідненості між тваринами або ж вказувати на нерепрезентативність даного маркера для популяції тигрів, що утримуються в Україні. Наразі цілком є перевірка ширшого переліку маркерів для вибору інформативних локусів для попереднього оцінювання їхньої придатності до використання в майбутній тест-системі.

ВІРУСОЛОГІЯ, МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ІМУНОЛОГІЯ



VIROLOGY, MICROBIOLOGY
AND IMMUNOLOGY

¹Бурба П., ^{1,2}Снігур Г., ¹Будзанівська І.

e-mail: pavlo.burba@knu.ua

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Лабораторія вірусів рослин, Інститут мікробіології і вірусології
імені Д.К. Заболотного НАН України

ІДЕНТИФІКАЦІЯ CUCUMBER MOSAIC VIRUS НА НЕТИПОВИХ РОСЛИНАХ-ХАЗЯЯХ В УКРАЇНІ

Burba P., Snihur H., Budzanivska I. Identification of cucumber mosaic virus on atypical host plants in Ukraine

*Cucumber mosaic virus (CMV) is distributed in all parts of the world, has a large number of strains and the largest range of host plants. A search for natural host plants of CMV in different regions of Ukraine was conducted. For the first time in the world, CMV was detected in the plants *Erigeron annuus* and *Heliopsis helianthoides* of the family Asteraceae and plants *Euphorbia epithymoides* of the family Euphorbiaceae.*

Вірус огіркової мозаїки (cucumber mosaic virus, CMV) належить до роду *Cuscutovirus* родини *Bromoviridae*, знайдений у всіх частинах світу і має велику кількість штамів. CMV має широкий спектр рослин-хазяїв і інфікує понад 1071 видів однодольних та дводольних рослин із понад 100 родин. Основний спосіб передачі CMV у природі за допомогою різних видів попелиць неперсистентним способом, а також за допомогою насіння. Відсоток насіннєвої передачі CMV на різних рослинах-хазяях різний, причому вірус виявляється як у насіннєвій оболонці до 83 %, так і в ембріоні до 46 % [Алі].

Метою роботи було виявити природних рослин-хазяїв cucumber mosaic virus в Україні.

Протягом 2022–2024 рр. проводили обстеження агробіоценозів та зелених насаджень у населених пунктах у різних областях України на наявність рослин із симптомами, типовими для cucumber mosaic virus. Відбирали рослини з мозаїкою, плямистістю, деформацією листкових пластинок, затримкою росту, що належать до різних родин. Відібрані зразки тестували методом твердофазного імуоферментного аналізу (ІФА) із застосуванням комерційної тест-системи для

ідентифікації CMV. Для спростування змішаної інфекції в дослідних рослинах проводили тестування на soybean mosaic virus (SMV), tobacco mosaic virus (TMV), tomato mosaic virus (ToMV), tobacco rattle virus (TRV), turnip mosaic virus (TuMV), turnip yellow mosaic virus (TYMV), potato virus Y (PVY), and potato virus X (PVX), використовуючи комерційні тест-системи (Loewe Biochemica, Німеччина).

Таблиця 1. Виявлення CMV у різних рослинах-хазяях в Україні

Родина	Вид рослини	ОГ 405/630 нм
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Chenopodium album</i>	0,072 ± 0,002
<i>Apiaceae</i>	<i>Apium graveolens</i>	0,045 ± 0,001
<i>Asparagaceae</i>	<i>Hosta longissima</i>	0,649 ± 0,003
<i>Asteraceae</i>	<i>Echinacea purpurea</i>	2,627 ± 0,008
	<i>Erigeron annuus</i>	2,064 ± 0,003
	<i>Heliopsis helianthoides</i>	1,487 ± 0,007
	<i>Taraxacum officinale</i>	0,044 ± 0,001
<i>Brassicaceae</i>	<i>Alliaria petiolata</i>	1,511 ± 0,005
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cynoglossum officinale</i>	0,087 ± 0,001
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Silene latifolia</i>	1,725 ± 0,006
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia epithymoides</i>	0,719 ± 0,003
<i>Fabaceae</i>	<i>Glycine max</i>	0,063 ± 0,002
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0,049 ± 0,001
	<i>Pisum sativum</i>	0,058 ± 0,002
	<i>Vicia faba</i>	0,081 ± 0,003
<i>Lamiaceae</i>	<i>Lamium purpureum</i>	0,039 ± 0,001
<i>Solanaceae</i>	<i>Capsicum annuum</i>	0,067 ± 0,002
	<i>Petunia Juss</i>	0,059 ± 0,001
	<i>Physalis alkekengi</i>	0,048 ± 0,001
	<i>Solanum lycopersicum</i>	0,082 ± 0,002
	<i>Solanum tuberosum</i>	0,079 ± 0,001
<i>Urticaceae</i>	<i>Urtica urens</i>	0,063 ± 0,001
k + – позитивний контроль		2,598 ± 0,004
k- 1 – негативний контроль, здоровий сік		0,073 ± 0,002
k- 2 – негативний контроль, буфер		0,023 ± 0,001

У результаті серологічного тестування CMV ідентифіковано в рослинах *Hosta longissima* (Asparagaceae), *Echinacea purpurea*, *Erigeron annuus* і *Heliopsis helianthoides* (Asteraceae), *Alliaria petiolata* (Brassicaceae), *Silene latifolia* (Caryophyllaceae), *Euphorbia esula* (Euphorbiaceae) (табл. 1).

В Україні вже виявляли CMV на рослинах *Echinacea purpurea* [Mishchenko] і *Alliaria petiolata* [Kyrychenko]. У світовій літературі були повідомлення про ураження цим вірусом *Hosta* sp. [Fisher] та *Silene latifolia* [Mueller].

Слід зазначити, що ми вперше в світі виявили CMV у рослинах *Erigeron annuus* і *Heliopsis helianthoides* родини Asteraceae та рослинах *Euphorbia epithymoides* родини Euphorbiaceae. На CMV-інфікованих рослинах родини Asteraceae спостерігали мозаїку і деформацію листкових пластинок, на *Heliopsis helianthoides* так і не з'явились квіти (рис. 1).



Рис. 1. Симптоми на рослинах родини Asteraceae природно заражених CMV: А) *Erigeron annuus*, Б) *Heliopsis helianthoides* у Київській обл. (к – здоровий контроль)

Симптоми на рослинах *Euphorbia epithymoides* природно заражених CMV були у вигляді кільцевої плямистості (рис. 2). Крім CMV в усіх дослідних рослинах не було ідентифіковано жодного з протестованих вірусів.



Рис. 2. Симптоми на рослинах *Euphorbia epithymoides* природно заражених CMV у Київській обл.

Таким чином, ми провели пошук природних рослин-хазяїв cucumber mosaic virus в Україні, уперше в світі виявили CMV у рослинах *Erigeron annuus* і *Heliopsis helianthoides* (*Asteraceae*) та рослинах *Euphorbia epithymoides* (*Euphorbiaceae*).

Список використаних джерел

1. Ali A., Kobayashi M. Seed transmission of Cucumber mosaic virus in pepper. *J Virol Methods*. 2010. Vol. 163, № 2. P. 234-237.
2. Fisher J. R. Identification of a Cucumber mosaic virus Subgroup II Strain Associated with Virus-like Symptoms on Hosta in Ohio. *Plant Health Progress*. 2013. doi.org/10.1094/PHP-2013-123-01-BR
3. Kyrychenko A., Snihur H., Shevchenko T. First report of cucumber mosaic virus infecting *Alliaria petiolata* in Ukraine. *J. Plant. Pathol.* 2022. Vol. 104. P. 1141.
4. Mishchenko L. T., Dunich A. A., Dashchenko A. V., Bondus R. O. Molecular characterization of cucumber mosaic virus infecting *Echinacea purpurea* in Ukraine. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2021. Vol. 54, № 15-16. P. 1261–1276.
5. Mueller E. E., Groves R. L., Gratton C. Crop and Non-Crop Plants as Potential Reservoir Hosts of Alfalfa mosaic virus and Cucumber mosaic virus for Spread to Commercial Snap. *Bean Plant Diseases*. 2012. Vol. 96, № 4. P. 506-514.

¹Власова Т., ^{1,2}Снігур Г., ¹Пожилов І., ¹Шевченко Т.

e-mail: t.vlasova3101@knu.ua

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Лабораторія вірусів рослин, Інститут мікробіології і вірусології
імені Д.К. Заболотного НАН України

ФІЛОГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО ІЗОЛЯТУ BARLEY YELLOW DWARF VIRUS-PAV, ВИДІЛЕНОГО З КУКУРУДЗИ

Vlasova T., Snihur H., Pozhylov I., Shevchenko T. Phylogenetic analysis of Ukrainian isolate of barley yellow dwarf virus-PAV isolated from *Zea mays*

The study showed the genetic relationship of the Ukrainian isolate with European and American isolates. Sequence alignment, identity matrix and phylogenetic tree construction confirmed its belonging to the Ia group of PAV isolates. This is the first study of BYDV-PAV isolated from corn by molecular methods.

Barley yellow dwarf virus-PAV (BYDV-PAV) – один із найпоширеніших вірусів, що вражає злакові культури, зокрема пшеницю, ячмінь і кукурудзу. Вірус передається попелицями та викликає значні втрати врожаю. Молекулярно-генетичне вивчення місцевих ізолятів BYDV є ключовим для розробки стратегії контролю інфекції [2]. Вірус має високу варіабельність, що зумовлює складність у його діагностиці та контролі. Генетичне типування ізолятів BYDV-PAV дозволяє виявити філогенетичні зв'язки між ними та простежити еволюцію збудника. Особливої уваги заслуговують ізоляти, що циркулюють на території України, адже вони досі залишаються малохарактеризованими на молекулярному рівні [2].

Метою роботи було проведення філогенетичного аналізу гена капсидного білка українського ізоляту BYDV-PAV, виділеного з кукурудзи, з використанням нуклеотидних послідовностей бази GenBank.

Для аналізу була використана послідовність гена капсидного білка ізоляту BYDV-PAV, отриманого з *Zea mays* (Україна, Київська обл., 2024 р.) розміром 598 п.н. BLAST-аналіз

проведено для виявлення подібних послідовностей у базі NCBI [1]. Для побудови теплової матриці ідентичності використано програму SDTv1.3. Філогенетичне дерево побудоване методом максимальної правдоподібності (Maximum likelihood) з використанням 1000 повторів для бутстреп-аналізу.

BLAST-аналіз показав високий рівень ідентичності між українським ізолятом і низкою європейських ізолятів з (PP405115.1, MK012659.1, OQ686694.1, MZ612011.1, PP405116.1) Польщі, Естонії та Чехії (ідентичність понад 95 %).

На тепловій матриці (рис. 1) видно чітке кластерування українського ізоляту з ізолятами групи Ia, що відповідає високій ідентичності.

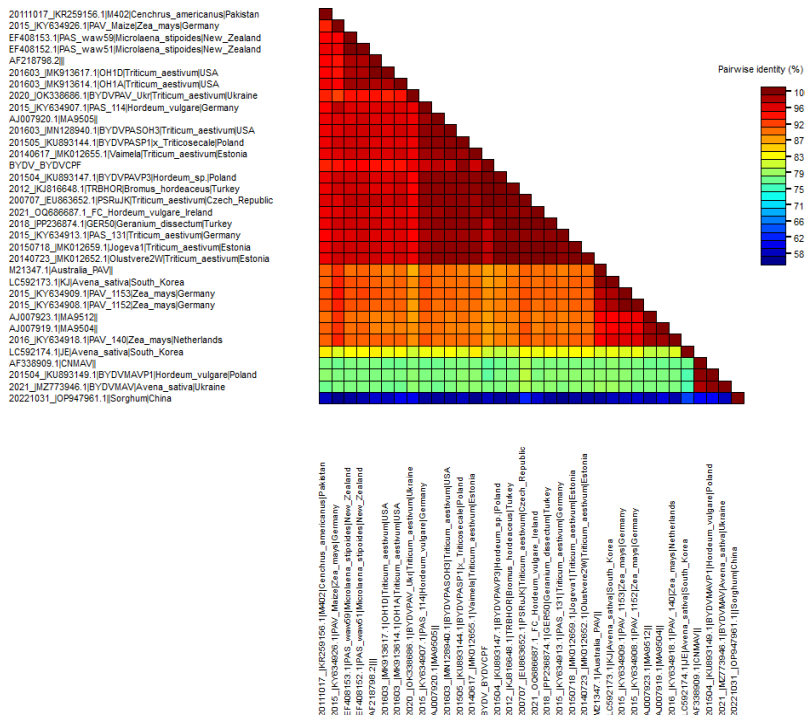


Рис. 1. Теплова матриця ідентичності нуклеотидних послідовностей ізолятів BYDV

Філогенетичне дерево, побудоване методом максимальної правдоподібності (рис. 2), демонструє філогенетичні зв'язки між ізолятами BYDV-PAV. Ізолят BYDV-PAV-Corn/Zea mays/Ukraine розташований в одному кластері із ізолятами з Німеччини, США та Естонії, що свідчить про можливий спільний шлях поширення або еволюційне походження. Ізоляти груп Іс та MAV формують окремі кластери [2, 3]. Така кластеризація підтверджує високий рівень генетичної спорідненості між цими ізолятами, незважаючи на їхнє географічне походження. Водночас формування окремих кластерів іншими ізолятами вказує на наявність кількох еволюційних ліній BYDV-PAV, що циркулюють у різних регіонах.

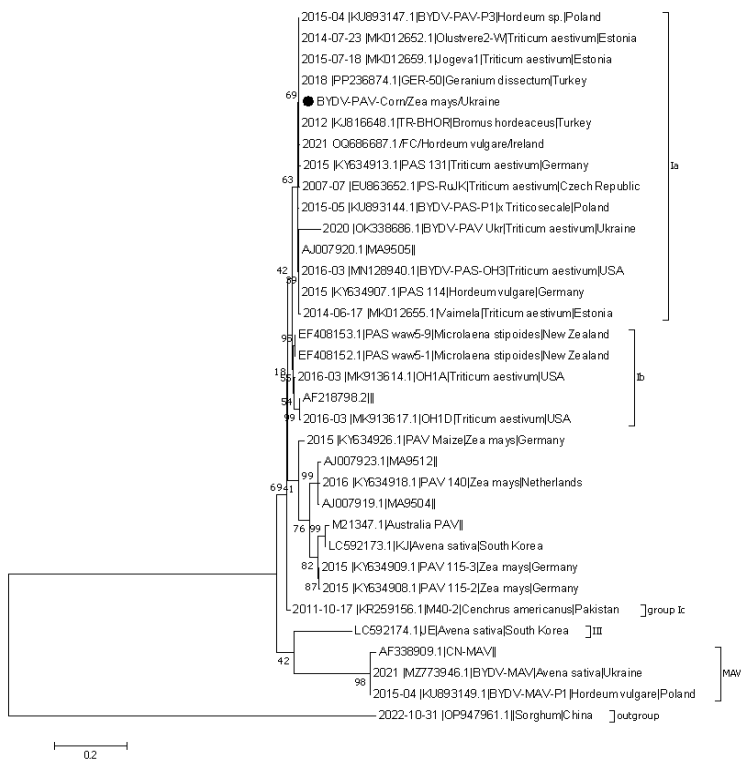


Рис. 2. Філогенетичне дерево за методом максимальної правдоподібності на основі аналізу нуклеотидних послідовностей – BYDV

Отже, ізолят BYDV-PAV-Corn/Zea mays/Ukraine, виділений із кукурудзи, має високий рівень подібності з європейськими ізолятами та розміщений у складі Ia. Отримані результати можуть бути використані для моніторингу циркуляції вірусу та вибору стратегії боротьби з цією інфекцією. Проведений філогенетичний аналіз дозволив виявити тісні зв'язки між українським ізолятом і європейськими та американськими штамами BYDV-PAV. Це вказує на необхідність подальших досліджень для вивчення механізмів поширення вірусу. Результати також можуть бути використані для розробки ефективних засобів діагностики та створення стійких до BYDV сортів кукурудзи.

Список використаних джерел

1. Clark M. F., Adams A. N. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 1977. Vol. 34. P. 475–483.
2. Tamura K. et al. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.* 2021. Vol. 38(7). P. 3022-3027.
3. Muhire B. M., Varsani A., Martin D. P. SDT: a virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9(9). e108277.

Гловацька В., Шевченко Т., Будзанівська І.

e-mail: viktorsahlovatska@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МОЛЕКУЛЯРНА ДІАГНОСТИКА ВІРУСУ ПЛЯМИСТОГОВ'ЯНЕННЯ ТОМАТІВ У РОСЛИН РОДИНИ *SOLANACEAE*

Hlovatska V., Shevchenko T., Budzanivska I. Molecular Diagnosis of Tomato Spotted Wilt Virus in Solanaceous plants

Tomato spotted wilt virus (TSWV), a quarantine threat to Solanaceae crops, was detected in pepper and tomato samples from Zakarpattia, Ternopil and Kherson oblasts of Ukraine by ELISA and RT-PCR. Sequencing of the NSs gene uncovered a unique E155L amino-acid substitution in the pepper isolate (GenBank PV178693), underscoring the need for further functional studies on NSs-mediated pathogenicity.

Вірус плямистого в'янення томатів, tomato spotted wilt virus (TSWV) (Orthotospovirus tomatomaculae), який належить до роду Orthotospovirus родини Tospoviridae, є одним із найнебезпечніших патогенів для культур родини пасльонових [1]. Він належить до переліку рекомендованих до контролю як карантинний патоген, що робить його дослідження більш актуальним для підвищення ефективності боротьби з ним в Україні. Важливим значенням для вивчення його патогенезу є неструктурний білок NSs, оскільки він інгібує біосинтез рослинних летких монотерпенів, які слугують репелентами для переносника західного квіткового трипсу. Цей білок є першим РНК-супресором сайленсингу, ідентифікованим у вірусів із (-)РНК геномом [2, 3]. Для ідентифікації TSWV було використано такі методи, як: імуоферментний аналіз (ІФА) та полімеразно ланцюгову реакцію зі зворотною транскрипцією (ЗТ-ПЛР).

Зразки рослин родини *Solanaceae*, а саме, перцю та томатів були відібрані з різних регіонів України. У результаті досліджень за допомогою ІФА з використанням діагностичної системи фірми Loewe (Німеччина) вірус був ідентифікований у зразках перцю та томатів із Закарпатської, Тернопільської та Херсонської областей.

Аналіз нуклеотидної послідовності гена NSs ізоляту вірусу, виділеного з Тернопільської обл., порівняно з іншими ізолятами TSWV із GenBank виявив унікальну амінокислотну заміну E155L, що потребує подальшого дослідження. Послідовність гена NSs ізоляту була депонована до бази даних NCBI під номером PV178693.

Список використаних джерел

1. Suffert, M. Re-Evaluation of EPPO-Listed Pests. *EPPO Bulletin*. 2012. Vol. 42. No. 2. P. 181–184.
2. The Orthotospovirus nonstructural protein NSs suppresses plant MYC-regulated jasmonate signaling leading to enhanced vector attraction and performance / X. Wu et al. *PLOS Pathogens*. 2019. Vol. 15, N 6. P. e1007897. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007897>
3. Identification of a novel RNA silencing suppressor, NSs protein of Tomato spotted wilt virus / A. Takeda et al. *FEBS Letters*. 2002. Vol. 532, N 1-2. P. 75–79. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(02\)03632-3](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(02)03632-3)

¹Двухрядкіна А., ¹Семчук І., ¹Довгий Р., ¹Рудик М.,
¹Островська К., ¹Ляшенко К., ¹Харіна А.,
²Бондаренко О., ²Корнієнко Н.

e-mail: nastya.dvu@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

²ТОВ "НІБК-Україна"

ВПЛИВ ПРЕПАРАТУ "ПІОФАГ" НА ОКСИДАТИВНИЙ МЕТАБОЛІЗМ АЛЬВЕОЛЯРНИХ МАКРОФАГІВ МИШЕЙ ЛІНІЇ BALB/C: ПЛІТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Dvukhriadkina A., Semchuk I., Dovhyi R., Rudyk M., Ostrovska K.,
Liashenko K., Kharina A., Bondarenko O., Kornienko N. The impact of
"Pyofag" on the oxidative metabolism of alveolar macrophages in
BALB/c mice in vitro: a pilot study**

The aim of the study was to evaluate the impact of "Pyofag" on the oxidative metabolism of alveolar macrophages in BALB/c mice in vitro. Our study results suggest that "Pyofag" does not modulate the oxidative metabolism of AM, indicating it likely has no adverse effects on the homeostatic functions of these cells. However, further research is required to confirm this hypothesis.

Захворювання нижніх дихальних шляхів займають четверте місце серед причин смертності й лідирують серед інфекційних хвороб [1]. Через зростання антибіотикорезистентності зростає потреба в альтернативних методах лікування, зокрема фаговій терапії, яка цілеспрямовано знищує патогени без шкоди для симбіотичної мікробіоти [2]. Крім елімінації збудників, бактеріофаги можуть впливати на імунну систему, зокрема на альвеолярні макрофаги (АМ) [3]. Ключова функція АМ – генерація реактивних форм кисню (РФК), що забезпечують деградацію патогенів і беруть участь у запальних реакціях. Комплексний бактеріофаговмісний препарат "Піофаг" ефективно діє проти широкого спектра збудників бактеріальних інфекцій [4]. Окрім антибактеріальної дії, він сприяє мінімізації ризику розвитку хронічного запалення в умовах тривалого інфекційного навантаження.

Метою роботи було дослідити вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм АМ мишей лінії BALB/C *in vitro*.

У дослідженні використовували самиць мишей лінії BALB/C (5–8 тижнів). Альвеолярні макрофаги отримували методом

бронхоальвеолярного лаважу (БАЛ) [5]. Після оцінювання життєздатності клітини інкубували з препаратом "Піофаг" (ТОВ "ФАРМЕКС ГРУП", Україна) 30 хв за 37 °C і 5 % CO₂. Оксидативний метаболізм АМ оцінювали методом проточної цитометрії з використанням флуоресцентного зонда H2DCFDA (Invitrogen). Для оптимізації дизайну досліджень додатково аналізували моноцити периферичної крові здорових жінок-донорів (21–25 років) тим самим методом.

Літературні дані щодо оптимального співвідношення фагоцит : бактеріофаг при вивченні впливу фагів на метаболізм клітин значно варіюють залежно від виду бактеріофага. Інформація про оптимальне співвідношення імуніцит : кількість фагоцитуючих часточок препарату "Піофаг" відсутня. Тому на попередньому етапі ми дослідили залежність модуляторного впливу "Піофагу" на оксидативний метаболізм моноцитів периферичної крові від співвідношення імуніцит : фаг. Використовували три співвідношення, що найчастіше згадуються в літературі: 1:2, 1:5 та 1:10. Максимальний ефект "Піофагу" на оксидативний метаболізм моноцитів спостерігався при співвідношенні 1:5 (рис. 1). З огляду на результати цього етапу досліджень для обробки АМ було обрано співвідношення фагоцит : фаг 1:5.

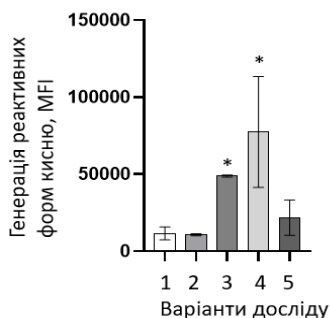


Рис. 1. Залежність впливу препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм моноцитів периферичної крові людини *in vitro* від співвідношення фагоцит:фаг. 1 – необроблені клітини; 2 – позитивний контроль, обробка форболмірестатацетатом; 3 – обробка препаратом "Піофаг" у співвідношенні 1:2; 4 – обробка препаратом "Піофаг" у співвідношенні 1:5; 5 – обробка препаратом "Піофаг" у співвідношенні 1:10 (* – $p < 0,05$ порівняно з показником необроблених клітин)

Миші лінії BALB/C характеризуються схильністю до Th2-спрямованої імунної відповіді та зниженою здатністю тканинних макрофагів до метаболічної поляризації, що робить їх зручною моделлю для дослідження аутоімунних та онкологічних захворювань [6]. У наших дослідженнях препарат "Піофаг" не спричиняв статистично значущих змін у генерації РФК. Відомо, що надмірне утворення РФК може викликати окислювальне пошкодження біомолекул, що сприяє розвитку старіння та запальних захворювань [7]. Відсутність впливу "Піофагу" на окисдаивний метаболізм альвеолярних макрофагів у стані спокою свідчить про його неспецифічну безпечність щодо порушення гомеостатичних функцій фагоцитів (рис. 2).

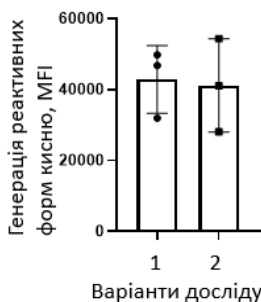


Рис 2. Вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм альвеолярних макрофагів мишей лінії BALB/C *in vitro*

Відмінність у реакції на бактеріофаги моноцитів периферичної крові людини та АМ мишей може бути зумовлена відмінностями їх метаболізму, зумовленими різним походженням цих клітин. Моноцити крові походять з мієлоїдних попередників кісткового мозку і характеризуються високою пластичністю метаболізму. АМ походять з мієлоїдних попередників ембріонального походження, для яких типовою характеристикою є порівняно низька метаболічна пластичність [8].

Таким чином, результати наших досліджень вказують на відсутність модуляторного впливу препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм АМ у стані спокою, що може вказувати на відсутність його негативного впливу на гомеостатичні функції

цих клітин. Однак необхідні подальші дослідження для перевірки цієї гіпотези.

Список використаних джерел

1. Phage therapy for pulmonary infections: lessons from clinical experiences and key considerations / G. Mitropoulou et al. *European Respiratory Review*. 2022. Vol. 31, N 166. P. 220121. DOI: <https://doi.org/10.1183/16000617.0121-2022>

2. Efficacy of phage therapy in preclinical models of bacterial infection: a systematic review and meta-analysis / S. A. Gómez-Ochoa et al. *The Lancet Microbe*. 2022. DOI: [https://doi.org/10.1016/s2666-5247\(22\)00288-9](https://doi.org/10.1016/s2666-5247(22)00288-9)

3. Zborowsky S., Seurat J., Balacheff Q., Ecomard S., Nguyen Ngoc Minh C., Titécát M., Evrard E., Rodriguez-Gonzalez R. A., Marchi J., Weitz J. S., Debarbieux L. Macrophage-induced reduction of bacteriophage density limits the efficacy of in vivo pulmonary phage therapy. *bioRxiv*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1101/2024.01.16.575879>

4. Pyofag®. Бактеріофаги Україна. URL: <https://bacteriophages.info/en/bacteriophage/piofag/> (date of access: 06.04.2025).

5. Bronchoalveolar Lavage of Murine Lungs to Analyze Inflammatory Cell Infiltration / Lien Van Hoecke, Emma Richelle Job, Xavier Saelens and Kenny Roose. *J Vis Exp*. Published online 2017 May 4. DOI: <https://doi.org/10.3791/55398>

6. BALB/c Mice. *Discovery and Development CRO. Inotiv*. URL: <https://www.inotiv.com/research-models/balbc-mice>

7. Role of ROS and Nutritional Antioxidants in Human Diseases / Z. Liu et al. *Frontiers in Physiology*. 2018. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00477>

8. Resident macrophages of the lung and liver: The guardians of our tissues / A. Kulle et al. *Frontiers in Immunology*. 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1029085>

Карпенко О., Шевченко Т., Пожилов І.

e-mail: karpenko.virology@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПЕРВИННА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІТИЧНИХ ЦІАНОФАГІВ ВИДІЛЕНИХ З ПРІСНИХ ВОДОЙМ КИСВА

Karpenko O., Shevchenko T., Pozhylov I. Initial characterization of lytic cyanophages isolated from freshwater bodies of Kyiv

Cyanobacterial blooms are a significant issue in Kyiv's freshwater ecosystems. This study aimed to isolate and initially characterize cyanophages collected from the Dnipro River and city lakes during the 2024 bloom season. These findings provide baseline data on Kyiv's cyanophage diversity, relevant for ecological studies and potential biocontrol applications.

Вступ. Ціанобактеріальні цвітіння є серйозним екологічним явищем, що характеризуються інтенсивним розмноженням планктонних ціанобактерій, які акумулюються біля поверхні води та спричинюють зміну її кольору. Вони часто формують щільні агрегації, що сприяє накопиченню ціанотоксинів і утворенню зон гіпоксії та аноксії що призводить до масової загибелі гідробіонтів [5]. Основними рушійними факторами цього процесу є глобальні кліматичні зміни та антропогенна діяльність, що призводить до евтрофікації водойм [1]. На території України, на додачу до глобальних проблем евтрофікації та кліматичних змін, стан прісноводних екосистем на сучасному етапі зазнає впливу окремого вагомого фактора — наслідків повномасштабних військових дій. Спричинені ними руйнування інфраструктури призвели до зміни гідрологічного режиму, створюючи додаткові, часто екстремальні, передумови для масового розвитку ціанобактерій, зокрема через збільшення концентрації сполук азоту та фосфору і розчиненої органічної речовини внаслідок вивільнення із затоплених ґрунтів, рослинності та донних відкладів [6]. При цьому спостерігається світова тенденція до збільшення масштабу, частоти та інтенсивності масових цвітінь ціанобактерій, що становить зростаючу загрозу для озер, водосховищ та річкових систем. Прісноводні екосистеми України,

зокрема водосховища Дніпровського каскаду, демонструють високу схильність до формування інтенсивних та рекурентних ціанобактеріальних цвітінь [2]. Водночас природними регуляторами цих процесів є ціанофаги – віруси, що специфічно інфікують та лізують клітини ціанобактерій. Їхня природна здатність ефективно та специфічно знищувати клітини ціанобактерій, обмежуючи чисельність їх популяції, робить їх перспективними агентами біотичного контролю. Масовий лізис, індукований фагами, може сприяти припиненню інтенсивних цвітінь води або запобігати їхньому розвитку, впливаючи на сезонну динаміку фітопланктону. Фундаментальні дослідження ціанофагів є необхідною передумовою розробки стратегій фаготерапії, заснованих на застосуванні ізольованих літичних ціанофагів або їхніх ензимів [4].

Метою нашої роботи було виділення ціанофагів з прісних водойм Київського регіону (р. Дніпро, озера м. Києва) у період літньо-осіннього цвітіння 2024 р. та їх попередня характеристика.

Матеріали та методи. Проби відбирали з водойм Київського регіону (р. Дніпро, озера) влітку-восени 2024 р. Вірусні ізоляти концентрували методами ультрацентрифугування та адсорбції-елюції. Для підтвердження наявності фагоподібних частинок та вивчення їх морфології застосовували трансмісійну електронну мікроскопію з негативним контрастуванням (2 % водним розчином ФВК). Вірусну ДНК виділяли за допомогою DNeasy Kit за стандартним протоколом виробника (Qiagen). Для молекулярної ідентифікації ізолятів проводили ПЛР-ампліфікацію фрагменту гена *gp20*, використовуючи праймери CPS1-CPS4 [3, 7] з подальшим аналізом за допомогою гелі-електрофорезу.

Результати. Попередній аналіз частини вірусних ізолятів методом трансмісійної електронної мікроскопії підтвердив наявність фагоподібних частинок. У зразках, що були концентровані переважно методом ультрацентрифугування, візуалізувались віріони з чіткою морфологією, характерною для класу *Caudoviricetes*. Ці віріони мали ікосаедричний капсид діаметром 70–90 нм та хвостовий відросток довжиною 90–100 нм

що є характерною ознакою міоподібних вірусів. Спостерігалася певна варіабельність у розмірах віріонів між різними зразками.

З метою підтвердження фагової природи ізолятів та їх первинної ідентифікації було проведено ПЛР-аналіз з використанням праймерів CPS1-CPS4, специфічних до консервативної ділянки гена білка поралу капсиду (*gp20*). Для одного із зразків було отримано амплікон очікуваного розміру.

Висновки. Методом трансмісійної електронної мікроскопії підтверджено наявність у зразках вірусних частинок з морфологією, характерною для класу *Caudoviricetes*. Серед інтактних віріонів переважали частинки з ознаками міоподібних вірусів. ПЛР з праймерами CPS1-CPS4 до гена *gp20* підтвердила наявність генетичного матеріалу ціанофагів у досліджуваних зразках.

Проведене дослідження представляє перші результати характеристики ціанофагів із прісноводних екосистем Київського регіону, розширюючи знання про їх морфологічне різноманіття та молекулярні характеристики. Отримані дані є підґрунтям для подальших досліджень, спрямованих на глибше вивчення екології цих вірусів та оцінювання перспектив їх практичного використання для боротьби з цвітінням водойм.

Список використаних джерел

1. Modelling of threats that affect Cyano-HABs in an eutrophicated reservoir: First phase towards water security and environmental governance in watersheds / C. Acuña-Alonso et al. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 809. P. 152155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152155>

2. Interactions between Aquatic Plants and Cyanobacterial Blooms in Freshwater Reservoir Ecosystems / B. Olena et al. *Water*. 2023. Vol. 15, N 4. P. 672. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15040672>

3. Occurrence of a Sequence in Marine Cyanophages Similar to That of T4 g20 and Its Application to PCR-Based Detection and Quantification Techniques / N. J. Fuller et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 1998. Vol. 64, N 6. P. 2051–2060. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.64.6.2051-2060.1998>

4. Cyanophage Engineering for Algal Blooms Control / Y. Guo et al. *Viruses*. 2024. Vol. 16, N 11. P. 1745. DOI: <https://doi.org/10.3390/v16111745>

5. Kaloudis T., Hiskia A., Triantis T. M. Cyanotoxins in Bloom: Ever-Increasing Occurrence and Global Distribution of Freshwater Cyanotoxins

from Planktic and Benthic Cyanobacteria. *Toxins*. 2022. Vol. 14, N 4. P. 264. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins14040264>

6. Effects of War-Related Human Activities on Microalgae and Macrophytes in Freshwater Ecosystems: A Case Study of the Irpin River Basin, Ukraine / I. Nezbyrka et al. *Water*. 2024. Vol. 16, N 24. P. 3604. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16243604>

7. Phylogenetic Diversity of Marine Cyanophage Isolates and Natural Virus Communities as Revealed by Sequences of Viral Capsid Assembly Protein Gene g20 / Y. Zhong et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68, N 4. P. 1576–1584. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.68.4.1576-1584.2002>

Kozak T., Lykhova O.

e-mail: kozaktamara.work@gmail.com

RE Kavetsky Institute of Experimental Pathology,

Oncology and Radiobiology,

National Academy of Sciences of Ukraine

BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* AND METFORMIN AS MODIFIERS OF GLUCOSE METABOLISM BY BREAST CANCER CELLS *IN VITRO

Breast cancer (BC) is the most commonly diagnosed malignant tumor among women worldwide and one of the leading causes of female mortality. BC cells are characterized by their metabolic plasticity, which allows them to adapt to the surrounding environment and promotes enhanced proliferation through the modulation of glucose, lipid, and amino acid biotransformation [2]. Tumor microenvironmental factors that can influence the unique metabolic landscape of malignant cells may also significantly alter the sensitivity of BC cells to anticancer therapy [1, 4]. Among these regulatory factors are components of the breast cancer microbiota [3] and compounds with glucose metabolism-modulating and anticancer activities, such as metformin [5], which act synergistically within the organism. However, the mechanisms underlying these effects remain insufficiently studied. Therefore, investigating the alterations in glucose metabolism in BC cells resulting from interactions with human microbiota members, particularly bifidobacteria and metformin, warrants further in-depth research.

This study utilized cell culture methods, biochemical techniques, turbidimetry, and statistical analysis. The research objects included human BC cell lines representing luminal- (T47D, MCF-7) and basal-like (MDA-MB-231) subtypes and live bacteria of the species *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* (*B. animalis*). Experimental design: BC cells were seeded in DMEM medium supplemented with 10 % fetal bovine serum without antibiotics and exposed to bacteria at a eukaryotic/bacterial cell ratio of 1/400 → cells were incubated at 37 °C with 5 % CO₂ for 72 hours → bacteria were removed, and BC cells were reseeded in DMEM with 10 % fetal serum and 1× penicillin-streptomycin and then treated with metformin (MTF) → cells were incubated under standard conditions for 48 hours → cell numbers were assessed using the trypan blue exclusion test, and the medium was collected for further analysis of glucose consumption (GC), lactate production (LP), and the activity of lactate dehydrogenase (LDH) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD). Metabolic indices were normalized to cell count. Statistical analysis was conducted using GraphPad Prism 8.0.1 ($p < 0.05$, Welch's *t*-test).

To analyze the effects of *B. animalis* and metformin – individually and in combination – on the metabolic phenotype of BC cells of different molecular subtypes, the LP/GC ratio was calculated. This indicator, along with LDH activity, serves as a critical marker of the metabolic state of both intact cells and cells subjected to metabolic reprogramming due to various factors.

The study showed that treatment with *B. animalis* alone led to metabolic phenotype changes indicative of enhanced glycolysis across all three BC cell lines. This was evidenced by increased LP/GC ratios or elevated LDH activity compared to untreated control cells.

Treatment of intact T47D cells with metformin resulted in glycolysis suppression, as indicated by a twofold reduction in the LP/GC ratio and a 33 % decrease in intracellular LDH activity ($p \leq 0.05$) relative to the control. In MCF-7 cells, metformin induced a 40 % increase in the LP/GC ratio ($p \leq 0.05$) compared to untreated cells. In MDA-MB-231 cells, metformin treatment decreased the LP/GC ratio by 41 % ($p \leq 0.05$) without altering LDH activity, suggesting inhibition of glycolytic glucose metabolism in these cells.

The sequential combined treatment of BC cells with *B. animalis* and metformin mitigated metformin's anti-glycolytic effects in T47D and MDA-MB-231 cells. In MCF-7 cells, this combined exposure reversed their metabolic state to levels observed in cells treated with *B. animalis* alone.

G6PD activity dynamically changed in all cell lines upon treatment with *B. animalis* and metformin, both separately and together. Comparative analysis of this parameter across control and experimental groups revealed a consistent pattern: in T47D (↓ by 40 %) and MDA-MB-231 (↑ by 30–55 %) cells, G6PD alterations were driven by metformin, whereas in MCF-7 cells (↓ by 25 %) the changes were attributed to the effects of *B. animalis*.

The observed alterations in glucose metabolism in intact and *B. animalis*-treated BC cells following exposure to metformin may be associated with several factors: intrinsic differences in the glucose metabolism pathways among molecular subtypes of cancer cells; altered drug activity due to changes in glucose and lactate concentrations in the system; and modification of the initial metabolic profile of BC cells by bifidobacteria.

Given the crucial role of metabolic plasticity in BC cell responses to anticancer agents, the identified changes in glucose metabolism in both intact and *B. animalis*-treated BC cells following metformin exposure emphasize the need to account for microbiome effects and metabolism-modulating compounds when assessing malignant cell sensitivity to anticancer therapies.

References

1. Breast and Gut Microbiota Action Mechanisms in Breast Cancer Pathogenesis and Treatment / A. Laborda-Illanes et al. *Cancers*. 2020. Vol. 12, N 9. P. 2465.
2. Gandhi N., Das G. Metabolic Reprogramming in Breast Cancer and Its Therapeutic Implications. *Cells*. 2019. Vol. 8, N 2. P. 89.
3. Gut Microbiota and Breast Cancer: The Dual Role of Microbes / A. I. Álvarez-Mercado et al. *Cancers*. 2023. Vol. 15, N 2. P. 443.
4. Lactate in the Regulation of Tumor Microenvironment and Therapeutic Approaches / K. G. de la Cruz-López et al. *Frontiers in Oncology*. 2019. Vol. 9.
5. Metformin and Breast Cancer: Where Are We Now? / M. Cejuela et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23, N 5. P. 2705.

¹Марчук Є., ^{1,2}Бондаренко О., ²Харіна А.

e-mail: Gradnaut@gmail.com

¹ТОВ "НЕОПРОБІОКЕАР-Україна",

² ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СТАБІЛЬНІСТЬ БАКТЕРІОФАГІВ ПРИ ФОРМУВАННІ ТА ЗБЕРІГАННІ СУПОЗИТОРІЇВ

Marchuk Ye., Bondarenko O., Kharina A. Phage stability during suppositories formation and storage

The objective of this study was to evaluate the stability of a phage-based suppository formulations in terms of their activity against Klebsiella pneumoniae, as well as their suitability for long-term storage. It was established that the lytic properties of the phages within the suppository formulation were maintained at a sufficient level to ensure the antibacterial activity of the preparation throughout the study period, confirming its suitability for medical use.

На сьогодні проблема резистентності мікроорганізмів до антибіотиків, що традиційно застосовуються для лікування інфекційних захворювань, набуває все більшого клінічного значення. Альтернативою антибіотикам є використання літичних фагів для усунення бактеріальної інфекції. *Бактеріофаги*, яких часто називають фагами, є вірусами, які специфічно інфікують бактерії. Практика фаготерапії [1], яка використовує фагів для лікування бактеріальних інфекцій, існує вже майже століття, але була затьмарена появою антибіотиків. Наразі загальне зниження ефективності антибіотиків викликало відновлення інтересу до цієї практики. Традиційно фагова терапія ґрунтується на використанні природних фагів для інфікування та лізису бактерій у місці інфікування. Біотехнологічні досягнення ще більше розширили репертуар потенційних фагових терапевтичних засобів, включивши нові стратегії з використанням біоінженерних фагів і очищених фагових літичних білків. Чутливість фагів до навколишніх умов є великою проблемою для успішного впровадження фаготерапії у повсюдне використання [3]. Пошкодження внутрішніх структур фага, які включають

оболонку, голову та хвіст, втрата ліпідів та/або пошкодження ДНК можуть зробити вірус неактивним.

Оскільки фаги можна розглядати як великі білкові комплекси, що охоплюють генетичне ядро, логічним кроком є використання добре вивчених стратегій стабілізації білкових ліків та адаптація їх для фагових препаратів [2]. До водних і сухих фармацевтичних білкових композицій додають різні допоміжні речовини для підвищення їх стабільності.

Створення лікарської форми з контрольованим вивільненням фагового препарату при температурі 37 °С може забезпечити триваліший вплив фага на уражену ділянку порівняно з фаговим розчином.

Основною метою дослідження було оцінювання стабільності фагових препаратів у формі супозиторіїв та їхньої ефективності проти клінічно значущих патогенів *Klebsiella pneumoniae*, з урахуванням тривалості зберігання. Досліджуваний період становив три місяці.

У ході роботи було отримано два види супозиторіїв, які містили бактеріофаги до *K. pneumoniae*. Для досліджень було обрано експериментальну суміш фагів, початковий титр яких відрізнявся у суміші. Супозиторії містили бактеріофаги, попередньо виділені на клінічних ізолятах *K. pneumoniae*: 1298, 6957, 3744, 2Ф, 751. Основною тест-культурою в даному випадку є *K.pneumoniae* 1298, вихідний титр фаголізату на цій бактерії становив $2 \cdot 10^9$ (БУО/мл). Бактерії культивували на скошеному трипсиново-соевому агарі, з вмістом агару 1,4 %, за температури 37 °С протягом 24 год. Для фагового препарату до бактерії *K.pneumoniae* було використано дві методики формування супозиторію, з гомогенізацією та без гомогенізації перед формуванням. Титрування бактеріофагів здійснювали на різних етапах експерименту із застосуванням методики нанесення шматка супозиторію та методу за Грація. Для моделювання медичного використання здійснювали плавлення супозиторію за 40 °С на водяній бані. Фагову активність також оцінювали методом нанесення шматка супозиторію на культуру бактерій. На поживне середовище ТСА (1,4 % агару) наносили верхній шар ТСА (0,7 % агару) з додаванням 100 мкл тест-бактерії. Після застигання на поверхню агарового шару розміщували фрагмент

супозиторію ($\approx 0,2$ г) та інкубували при 37°C протягом 12 год. Позитивним результатом вважали наявність зон лізису. При титруванні за методом Грація використовували серійні десятикратні розведення фагів, що готували у пробірках, після чого змішували з бактеріальною культурою та верхнім поживним середовищем (ТСА, 0,7 %). Готову суміш виливали на чашки Петрі з нижнім поживним середовищем ТСА (1,4 % агару). Після застигання агарового шару інкубували при 37°C протягом 12 год. Результати оцінювали за кількістю негативних колоній у найбільшому розведенні фага на 1 мл фаговмісного матеріалу.

Результати досліджень показали, що після формування супозиторіїв титри вірусів знижувались приблизно на 2 порядки, але залишались на достатньому рівні для збереження антибактеріальних властивостей препарату.

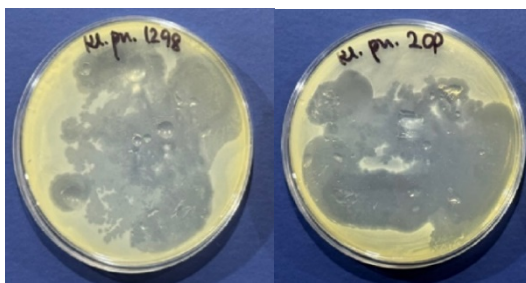


Рис. 1. Формування зон лізису навколо фрагментів супозиторіїв

При подальшому аналізі було визначено, що стійкість фагового препарату значною мірою залежала від способу формування супозиторіїв.

У гомогенізованому стані супозиторії із фаговим препаратом демонструють стабільну активність проти бактерії *Klebsiella pneumoniae*, що забезпечує збереження його антибактеріальних властивостей упродовж досліджуваного періоду та підтверджує його перспективу для медичного використання. Фаговий препарат у негомогенізованих супозиторіях проявив деяку нестабільність результатів, оскільки різні повтори дають різні значення титрів. Така нестабільність, найбільш вірогідно, пов'язана з нерівномірним розподілом фагових частинок у складі супозиторія. Впродовж досліджуваного періоду титр фагового

препарату в цьому супозиторії впав нижче 10^5 , що є менше допустимого значення для медичного застосування.

Імовірно, гомогенізація перед формуванням препарату забезпечила рівномірний розподіл компонентів супозиторію, що сприяло стабілізації водної фази, у якій перебуває фаговий компонент. Це, у свою чергу, підвищило стабільність бактеріофагів і забезпечило більшу надійність та передбачуваність результатів.

Список використаних джерел

1. Lin D. M., Koskella B., Lin H. C. Phage therapy: An alternative to antibiotics in the age of multi-drug resistance. *World Journal of Gastrointestinal Pharmacology and Therapeutics*. 2017. Vol. 8, N 3. P. 162. DOI: <https://doi.org/10.4292/wjgpt.v8.i3.162>

2. Stability of Protein Pharmaceuticals: An Update / M. C. Manning et al. *Pharmaceutical Research*. 2010. Vol. 27, N 4. P. 544–575. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11095-009-0045-6>

3. Positive and negative aspects of bacteriophages and their immense role in the food chain / S. A. Ranveer et al. *npj Science of Food*. 2024. Vol. 8, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00245-8>

¹**Островська К., ¹Семчук І., ²Бондаренко О.,**

²**Корнієнко Н., ¹Двухрядкіна А., ¹Харіна А.**

e-mail: ostrovska.karinaa@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²ТОВ "НІБК-Україна"

ВПЛИВ ПРЕПАРАТУ "ПІОФАГ" НА ОКСИДАТИВНИЙ МЕТАБОЛІЗМ МОНОЦИТІВ КРОВІ ЛЮДИНИ *IN VITRO*: ПІЛОТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ostrovska K., Semchuk I., Bondarenko O., Kornienko N., Dvuhryadkina A., Kharina A. The Effect of the Drug "Piofag" on the Oxidative Metabolism of Human Blood Monocytes and Granulocytes In Vitro: A Pilot Study

The effect of the bacteriophage-based drug "Piofag" on reactive oxygen species (ROS) production by human blood monocytes and granulocytes in vitro was assessed in a pilot study. Five healthy donors' blood samples were incubated with "Piofag" (1:10 ratio) for 30 minutes. ROS generation was measured by flow cytometry in gated monocytes and granulocytes using a fluorescent probe. No ROS hyperactivation by "Piofag" was observed,

suggesting a homeostatic effect of the drug. Considerable inter-donor variability in ROS response was noted. Piofag thus appears to modulate immune cell activity without excessive activation.

Стрімке зростання антибіотикорезистентності на сьогодні є однією з ключових глобальних загроз для охорони здоров'я, що спонукає наукову спільноту активно шукати ефективні альтернативи традиційній антибіотикотерапії. Особливої актуальності це питання набуває у контексті бактеріальних інфекцій, ускладнених розвитком сепсису – системної запальної відповіді організму, яка може призводити до поліорганної недостатності [1]. Одним із центральних механізмів розвитку сепсису є імунна дисрегуляція, зокрема надмірна активація моноцитів периферичної крові, що супроводжується гіперпродукцією прозапальних медіаторів та формуванням так званого цитокинового шторму. У цьому контексті бактеріофаги розглядають як перспективну альтернативу антибіотикам, не лише завдяки їхній здатності лізувати бактеріальні клітини, але й через потенціал впливати на функціональний стан клітин імунної системи [2].

Гранулоцити та моноцити є ключовими ефektorними клітинами вродженого імунітету, що здійснюють фагоцитоз і генерують активні форми кисню (АФК) у процесі оксидативного вибуху для знищення патогенів. Надмірне утворення АФК може пошкоджувати власні тканини, тому важливий контроль їх продукції. Раніше продемонстровано, що фаги можуть спричиняти фенотипові зміни у моноцитах людини *in vitro*, знижуючи експресію молекул активації та стимулюючи секрецію як TNF- α , так і IL-10, що вказує на потенційний толерогенний ефект фагів [3]. Однак механізми, пов'язані з регуляцією продукції активних форм кисню, залишаються маловивченими, особливо в контексті застосування бактеріофагових препаратів.

Метою роботи було оцінити вплив препарату "Піофаг" на утворення АФК моноцитами та гранулоцитами периферичної крові людини *in vitro*.

У дослідженні брали участь умовно здорові донори ($n = 5$, жінки 21–25 років). Кров відбирали з ліктьової вени натщесерце, з використанням гепарину як антикоагулянту. Препарат "Піофаг" (полівалентний піобактеріофаг, виробник – ТОВ "НПБК-

Україна", Україна) додавали до зразків цільної крові та інкубували 30 хв за 37 °С у вологій атмосфері 5 % CO₂; випробувані співвідношення моноцити : фаг становили 1:2, 1:5 та 1:10. Оцінювали оксидативний метаболізм моноцитів та гранулоцитів методом проточної цитометрії з використанням 2'7'-дихлордигідрофлуоресцеїн діацетату (H₂DCFDA). Як позитивний контроль використовували форболміристатацетат у концентрації 20 нг/мл.

За результатами було встановлено, що обробка моноцитів та гранулоцитів препаратом "Піофаг" *in vitro* не спричиняє різкої активації утворення АФК. Реакція моноцитів на додавання бактеріофага варіювала у зразках різних донорів і залежала від базального рівня оксидативної активності клітин. У співвідношенні моноцит : фаг 1:5, спостерігалися найбільш помітні (хоча й помірні) зміни.

У донорів із низьким вихідним рівнем АФК додавання "Піофагу" викликало помірне підвищення продукції АФК приблизно на 15 % (рис. 1А). У донорів із високими початковими показниками вплив фагопрепарату на рівень АФК був мінімальним з незначним зниженням їх генерації (рис. 1Б). Отже, препарат "Піофаг" не викликає гіперактивації оксидативного метаболізму моноцитів.

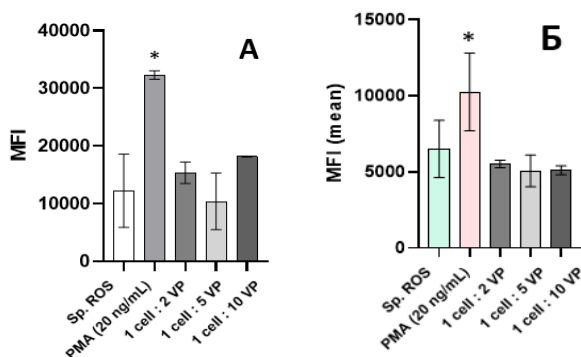


Рис. 1. Вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм моноцитів крові людини. А – донори з низьким вихідним рівнем АФК (< 100 % клітин); Б – донори з високим вихідним рівнем АФК (100 % клітин); (* – $p \leq 0,05$ порівняно з необробленими клітинами)

У гранулоцитах відповідь була менш виразною: усі фагові дози викликали підвищення АФК порівняно з контролем, чітка дозова залежність ефекту була відсутня (рис. 2).

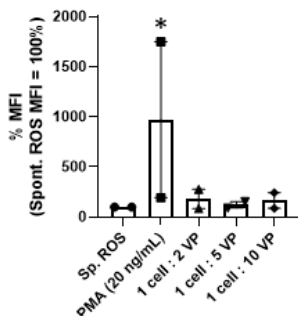


Рис. 2. Вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм гранулоцитів крові людини (* – $p \leq 0,05$ порівняно з необробленими клітинами)

Таким чином, фаговмісний препарат "Піофаг" не викликає гіперактивації оксидативного метаболізму моноцитів та нейтрофільних гранулоцитів людини *in vitro*. Рівень продукції АФК після контакту з фагом залишається близьким до вихідного, що вказує на можливу гомеостатичну дію препарату. Відзначено суттєву варіабельність між донорами щодо інтенсивності оксидативного вибуху. Потрібні подальші дослідження з використанням більшої кількості біологічних повторів для підтвердження цих спостережень.

Список використаних джерел

1. The Potential of Phage Therapy in Sepsis / A. Górski et al. *Frontiers in Immunology*. 2017. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01783>
2. Samir S. Bacteriophages as Therapeutic Agents: Alternatives to Antibiotics. *Recent Patents on Biotechnology*. 2021. Vol. 15, N 1. P. 25–33. DOI: <https://doi.org/10.2174/1872208315666210121094311>
3. Bacteriophages immunomodulate the response of monocytes / L. Perea et al. *Experimental Biology and Medicine*. 2021. Vol. 246, N 11. P. 1263–1268. DOI: <https://doi.org/10.1177/1535370221995154>

Письменна Ю.
e-mail: ulitca@ukr.net
Інститут мікробіології і вірусології
ім. Д.К. Заболотного НАН України

АНТИФУНГАЛЬНА ДІЯ ГУАНІДИНОВІСНИХ ОЛІГОМЕРІВ НА ПРЕДСТАВНИКІВ РІЗНИХ РОДІВ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ

Pysmenna Yu. Antifungal activity of guanidine-containing oligomers against representatives of various microscopic fungi

The study investigates the antifungal effects of guanidine-based oligomeric compounds on species of genera Alternaria, Acremonium, Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Scopulariopsis, Trichoderma and Paecilomyces. The most effective compound demonstrated complete inhibition zones (30 mm) for several species. The results suggest potential applications for certain oligomers as antifungal agents.

Антимікотичний захист є одним із ключових напрямів у боротьбі з мікроміцетами, що здатні викликати біопшкодження матеріалів і становити небезпеку для здоров'я. У дослідженні оцінювалася фунгіцидна дія ряду гуанідиновмісних олігомерів з різними замісниками алкільного або арильного типу на культури представників 10 видів грибів: *Alternaria alternata*, *Acremonium strictum*, *Aspergillus niger*, *Paecilomyces variotii*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium brevicompactum*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus versicolor*, *Trichoderma viride*.

Результати дослідження свідчать про варіабельну чутливість мікроміцетів до дії різних композицій. Максимальна інгібуюча активність (зона затримки росту 30 мм) спостерігалась щодо *T. viride*. Значний ефект також зафіксовано для *A. alternata*, *A. strictum*, *S. brevicaulis* при дії зразка полігуанідину що містив групу ($Alk=C_7H_{15}Br$ 3 %), а також для *C. sphaerospermum*, де зразок забезпечив повне інгібування росту.

Значну активність виявили композиції № 6, № 9 та № 10 щодо *P. funiculosum*, тоді як *P. brevicompactum* та *A. terreus* виявили середню або слабку чутливість до більшості досліджуваних речовин. Гриб *A. niger* виявив повну резистентність до всіх

протестованих зразків, на відміну від *Paecilomyces variotii*, на який ефективно впливали зразки більшості зразків.

Виділено кілька найбільш ефективних зразків: з групою ($\text{Alk}=\text{C}_7\text{H}_{15}\text{Br}$) – як універсальний інгібітор росту для більшості культур; з групою ($\text{Alk}=\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{Br}$) – з дією на *A. terreus*, *P. variotii*, *T. viride*; з групою ($\text{Alk}=\text{C}_7\text{H}_{15}\text{Br}$) – активний щодо ряду представників *Penicillium* і *Paecilomyces*.

Таким чином, результати демонструють перспективність використання гуанідинвмісних олігомерів з певними алкільними замісниками як фунгіцидних агентів, що можуть бути застосовані в біозахисті матеріалів, у медичній і аграрній практиці.

Список використаних джерел

1. Antioxidant and antifungal activity of selected medicinal plant extracts against phytopathogenic fungi / S. M. Mahlo et al. *Africa Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicine*. 2016. Vol. 13, N 4. P. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v13i4.28>
2. Antifungal activity of guanidine compounds / A. D. B. Eguiluz et al. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-025-01625-w>
3. Identification of Thiazoyl Guanidine Derivatives as Novel Antifungal Agents Inhibiting Ergosterol Biosynthesis for Treatment of Invasive Fungal Infections / I. Kato et al. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2021. Vol. 64, N 14. P. 10482–10496. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c00883>

ЗООЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА РАЦІОНАЛЬНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ



ZOOLOGY, ECOLOGY
AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Андрушик В., Романюк Г.

e-mail: vladislava28022004@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КРАНІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЗНИХ ВИДІВ РОДИНИ ПСОВІ (CANIDAE) У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ СПЕЦИФІКОЮ ЖИВЛЕННЯ

Andrushchuk V., Romanyuk H. Cranialogical features of different species of the Canidae family in relation to the specifics of feeding

The shape and structure of the skull of carnivorous mammals (Carnivora) is determined by a variety of factors that reflect their diet, habitat, and evolutionary changes. The analysis of correlations between the morphological and functional parameters of the skull and the trophic specialisation of organisms makes it possible to predict their fundamental functional capabilities, which is of great value for paleontological and systematic studies. The patterns in variation of the cranium in connection with trophic specializations within the few members of family Canidae are studied in the thesis. The study provided information on the total proportion of variance in skull measurements.

Хижі ссавці являють собою таксономічно різноманітну групу обсягом понад 300 видів, які характеризуються значною варіативністю морфологічних і трофічних адаптацій, охоплюючи екологічні ніші від гіперхижаків до дурофагів та інсектофагів [1, 2]. Форма та пропорції черепа хижих ссавців (ряд Carnivora) зумовлена різноманітними факторами, серед яких специфіка живлення відіграє далеко не останню роль. Міжвидова варіабельність морфології черепа ссавців, з одного боку, лімітована фундаментальними біомеханічними та онтогенетичними обмеженнями, що проявляється у конвергентних закономірностях їх змін серед різних груп. З іншого боку, адаптивна радіація трофічних ніш у межах конкретних груп, як виявилось, сприяла значній диверсифікації краніальних форм [3–6].

Аналіз кореляцій між морфофункціональними параметрами черепа та трофічною спеціалізацією тварин надає можливість прогнозування їх функціональних можливостей, що має значну цінність для палеонтологічних та систематичних досліджень. Вивчення краніологічних ознак є визначальним фактором у

реконструкції філогенетичної історії видів, оскільки кістки та зуби найкраще зберігаються у викопному стані.

Метою роботи є розкриття закономірностей мінливості черепа псових, виявлення міжвидових відмінностей у зв'язку з їхніми трофічними спеціалізаціями.

Об'єктами проведеного дослідження були черепа дорослих особин (самців і самок) трьох сучасних видів псових (родина Canidae), поширених в Україні: вовк (*Canis lupus*), лисиця звичайна (*Vulpes vulpes*) та єнотоподібний собака (*Nyctereutes procyonoides*). Матеріалом послужили колекції Національного науково-природничого музею НАН України та зоологічного музею Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Загальний обсяг вибірки становив 74 екземпляри, з яких було знято проміри. Трофічна категоризація досліджуваних видів здійснена на підставі класифікації, запропонованої Крістіансом [7]: *C. lupus* – є гіперхижаком (спеціалізація на великій здобичі), *V. vulpes* – спеціалізується на малій здобичі, *N. procyonoides* – є всеїдним видом.

Для того, щоб візуально представити взаємозв'язки між окремими особинами, виявити групи взаємопов'язаних ознак та отримати узагальнену змінну, яка б відображала ключові особливості вибірки, було застосовано метод аналізу головних компонент (РСА) до даних, попередньо оброблених логарифмічним перетворенням за допомогою PAST software.

Аналіз мінливості морфометричних параметрів черепа виявив, що перші дві головні компоненти сукупно пояснюють 98,6 % загальної мінливості. При цьому перша головна компонента (PC1) акумулює 96,5 % загальної мінливості та інтерпретується як відображення загального розміру досліджуваних тварин. Друга головна компонента (PC2), що пояснює 2,1 % мінливості, відображає варіацію, пов'язану з довжиною лицьового відділу черепа. Внесок інших компонентів у загальну мінливість є незначним (менше 0,5 %), що обґрунтовує їх виключення з подальшого розгляду (рис. 1).

Результати аналізу RSA морфометричних характеристик черепа досліджуваних видів псових виявили чітку видову кластеризацію. Вздовж PC1 *C. lupus* чітко відділяється від інших двох видів, це пов'язано з розмірами черепа. По PC2 – вони

розділилися на три групи: *V. vulpes* – найбільш позитивні значення, *N. procyonoides* – найбільш негативні значення й окремо *C. lupus* – займає проміжне положення. *V. vulpes* вирізняється найвищими значеннями довжини балануючої сторони плеча важеля BSLA (0,517) та довжиною лицьового відділу VcL (0,336). *N. procyonoides* протилежний до *V. vulpes* за максимальною довжиною зчленівного відростка CondL (-0,378) та шириною тіла нижньої щелепи між премолярами DxPP (-0,305). Уздовж PC2 *V. vulpes* і *N. procyonoides* займають крайні положення.

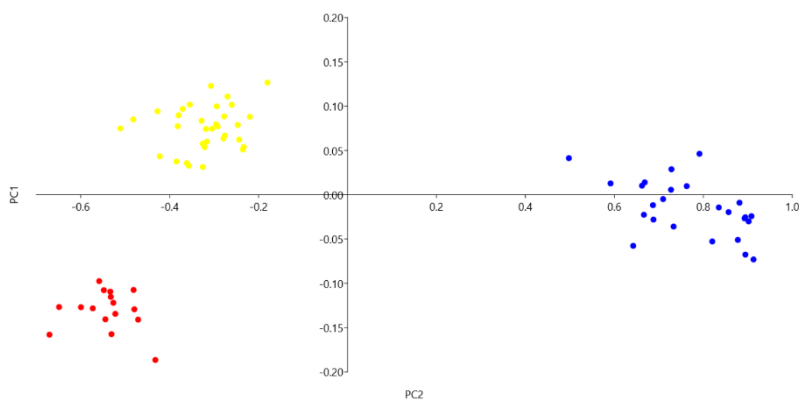


Рис. 1. Досліджувані псові в просторі перших двох головних компонент, побудованих за кореляційною матрицею промірів черепа. Різними кольорами позначена належність до певного виду: жовтий – *Vulpes vulpes*, червоний – *Nyctereutes procyonoides*, синій – *Canis lupus*

Виявлені морфологічні відмінності черепів окремих видів імовірно пов'язані з різними екологічними нішами та трофічними стратегіями досліджуваних видів. Довгі щелепи *V. vulpes* можуть бути адаптацією до полювання на дрібну здобич, забезпечуючи швидке змикання щелеп. Більша довжина зчленівного відростка у *N. procyonoides* може відображати його всеїдність, пов'язану з необхідністю здійснення потужних розчавлювальних рухів щелеп для обробки різноманітної їжі та іншою біомеханікою жування. Збільшення товщини тіла нижньої щелепи в ділянці між

премолярами у *N. procyonoides* свідчить про адаптацію до зростаючих поперечних навантажень, що можуть виникати при споживанні твердої їжі.

Список використаних джерел

1. Nowak, R.M. Walker's Mammals of the World. 6th ed. Baltimore, MD: Johns Hopkins University, 1999. 1936 p.
2. Goswami A., Friscia A. Cranial mechanics of mammalian carnivores: recent advances using a finite element approach. *Carnivoran Evolution: New Views on Phylogeny, Form and Function* / ed. by A. Goswami, A. Friscia. Cambridge, 2010. P. 466–485.
3. Cardini A., Polly P. D. Larger mammals have longer faces because of size-related constraints on skull form. *Nature Communication*. 2013. Vol. 4, № 1. P. 2458.
4. Price S. A., Hopkins S. S., Smith K. K., Roth V. L. Tempo of trophic evolution and its impact on mammalian diversification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2012. Vol. 109, № 18. P. 7008–7012.
5. Janis C. Correlation of cranial and dental variables with dietary preferences in mammals: a comparison of macropodoids and ungulates. *Memoirs of the Queensland Museum*. 1990. Vol. 28, № 1. P. 349–361.
6. Pineda-Munoz S., Lazagabaster I. A., Alroy J., Evans A. R. Inferring diet from dental morphology in terrestrial mammals. *Methods in Ecology and Evolution*. 2016. Vol. 8, № 4. P. 481–491.
7. Christiansen P., Wroe S. Bite forces and evolutionary adaptations to feeding ecology in carnivores. *Ecology*. 2007. Vol. 88, № 2. P. 347–358.

Багній П., Ляшенко В.

e-mail: petro.bagniy@gmail.com

ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

БІОТЕСТУВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТУ, ЗАБРУДНЕНОГО ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

Bagniy P., Liashenko V. Biotesting of the toxicity of soil polluted by war actions

The full-scale invasion of Ukraine has led to extensive ecosystem destruction, with significant soil degradation due to shell craters, heavy metal accumulation, and compression from military vehicles. The study aims to assess the impact of 152-mm artillery projectile on plant organisms

through ecotoxicological biotesting. The research evaluates toxic effects using qualitative and quantitative indicators.

Незважаючи на достатність інформації щодо складу вибухових речовин, які використовуються під час бойових дій, потенційний вплив усіх видів озброєння, невідомий. Екологічні наслідки повномасштабного вторгнення росії в Україну оцінюються як суттєві [5]. Розгортання лінії фронту в понад 3 тис. км сприяло масовому знищенню рослинного та тваринного світу, отруєнню водних ресурсів, забрудненню атмосфери [1]. Ці дії підпадають під поняття екоцид, яке закріплено у ст. 441 Кримінального кодексу України [3]. За звітами Державної екологічної інспекції та благодійної організації "Екологія-Право-Людина" кожен км² поля на сході України в середньому налічує 480 воронок від снарядів калібру 82-мм, 547 воронок від снарядів 120-мм, і 1025 воронок від снарядів 152-мм [4].

Метою дослідження було оцінювання якісних та кількісних проявів токсичного ефекту ґрунтових проб зібраних з воронки від 152-мм артилерійського снаряду.

Завдання дослідження полягали в біотестуванні зразків ґрунту з використанням стандартного тест-об'єкта – салату посівного *Lactuca sativa* L. [2]. Як результати реєстрували в'янення рослин, зміну кольору стебла паростка, висоту рослин, довжину корінців та загальну біомасу. На основі отриманих результатів розраховували фітотоксичний ефект.

Було досліджено 6 зразків ґрунту: 3 зразки з поверхні ґрунту в різних напрямках від воронки на відстані 50 м. Ще 3 зразки відібрано безпосередньо з воронки від снаряду з глибин 30, 60 та 90 см. Як негативний контроль використано комерційний субстрат для рослин. Як позитивний контроль – субстрат з додаванням $K_2Cr_2O_7$ у концентрації 5 мг/г.

Усі проби поверхневого шару ґрунту з відстані 50 м від воронки мають статистично значущі відмінності від негативного контролю за біомасою. За іншими вимірюваними параметрами статистично значущих відмінностей не виявлено. Припускаємо, що різницю між цими зразками можна пояснити природними особливостями ґрунтів даної території.

Зразок, відібраний із воронки з глибини 30 см, має подібні значення до зразків поверхневого шару ґрунту та до негативного контролю, і не проявляє ознак фітотоксичності.

Проба з глибини 60 см справила найбільший негативний вплив на *L. sativa* за всіма параметрами – висота рослин у досліді на 29,4 % менша за контроль, довжина корінців – на 62,5 % менше, загальна біомаса – на 22,2 % більше. Ці відмінності є статистично значущими за параметром висоти рослин. Рівень фітотоксичного ефекту за висотою рослин – "середній", за довжиною корінців – "високий".

Проба з глибини 90 см також негативно впливає на показники росту *L. sativa*. Проте зареєстровано менше пригнічення тест-об'єкта, ніж викликане пробою з глибини 60 см. Висота рослин на 16,2 % менша за контроль, довжина корінців – на 20,7 % менше, загальна біомаса – на 77,7 % більше. Рівень фітотоксичного ефекту за висотою рослин – "відсутній" або "слабкий", за довжиною корінців – "середній".

Отримані результати можна пояснити або найбільшим негативним впливом від вибуху снаряду саме на шари ґрунту глибиною 60 та 90 см; або відмінностями в морфологічних та фізико-хімічних характеристиках ґрунтових горизонтів, які впливають на розвиток рослин. Такі результати вказують на необхідність подальших досліджень ґрунтів, що зазнали впливу воєнних дій.

Список використаних джерел

1. Лінія активних бойових дій становить понад 970 км. Генштаб ЗСУ. *Interfax-Україна* : вебсайт. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/1000800.html>

2. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems. Test No. 208: Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test : вебсайт. URL: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-208-terrestrial-plant-test-seedling-emergence-and-seedling-growth-test_9789264070066-en#page1

3. Дерев'яненко С., Мустафаєва С. Екоцид: склад та перспективи його включення до юрисдикції міжнародного кримінального суду у зв'язку із повномасштабним військовим вторгненням Російської Федерації на територію України. *Трибуна молодого науковця*. 2022. № 36. С. 46–51.

4. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. *Журнал про екологічні наслідки війни. UWEC*. 2022. № 2. С. 4.

5. Чвалюк Г., Грубінко В., Гуменюк Г., Мацюк О. Як війна знищує екологію України. *Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка*. 2022. № 4. С. 1–16.

Буржієвська О., Проценко Ю.

e-mail: kitty@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ ГНІЗД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ УГРУПОВАНЬ КОМАХ ЗАПЛАВНОГО ЛІСУ

Burzhiiivska O., Protsenko Y. Using trap-nests to study the insect communities of a floodplain forest

This study focuses on analyzing changes in the composition of insect communities in a floodplain forest using trap nests from 2015 to 2022 in the Pyriatyn National Nature Park. Significant interannual fluctuations in species diversity were recorded, potentially indicating a substantial anthropogenic impact. Additionally, the species-related preferences for nest tube diameters were examined.

Оскільки комахи, що оселяються у гніздах-пастках, виконують важливі екосистемні функції, такі як запилення, хижацтво та паразитизм. Тому бджоли, оси та їхні паразити становлять гарну модельну систему [1, 2].

Метою даного дослідження було проаналізувати зміни в угрупованнях комах заплавного лісу, використовуючи штучні гнізда, у період 2015–2022 рр.

За всі роки в гніздах заселилися представники 19 видів комах-поселенців із 5 родин. Біологічне багатство варіювало у різні роки: від 1 виду в 2020 р. до 12 у 2021 р. При цьому видовий склад домінантів міг змінюватися залежно від року. Спостерігається тенденція до зменшення загальної чисельності комах до 2020 р., а в 2021 р. їхня кількість стрімко зросла, повернувшись до рівня 2015 р. (табл. 1)

Таблиця 1. Види комах, відмічених у гніздах-пастках за 8 років

Назва родини	Рік заселення								Кількість видів (загалом особин)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Colletidae	5	-	1	-	6	-	43	25	3 (80)
Pompilidae	41	62	21	10	7	-	14	21	4 (176)
Crabronidae	-	15	7	18	11	-	3	5	2 (59)
Vespidae	54	10	15	16	6	-	25	1	7 (127)
Megachilidae	-	-	2	8	-	6	18	1	3 (35)
Загалом	100	87	46	52	30	6	103	53	477

Було встановлено, що найбільша кількість видів заселяла трубочки з внутрішнім діаметром 6 мм – цей розмір обрали 13 видів. Приблизно третина видів бджіл і ос використовували лише один діаметр гнізд (*Hylaeus moricei*, *Hylaeus annulatus*, *Symmorphus connexus*, *Agenioideus cinctellus*), що може бути зумовлено малою кількістю представників цих видів у вибірці (не більше 12 особин у випадку *Agenioideus cinctellus*).

Найпоширеніші 5 видів (*Symmorphus bifasciatus*, *Auplopus carbonarius*, *Dipogon subintermedius*, *Hylaeus communis* і *Trypoxylon figulus*), які становлять майже 74,4 % усіх комах, демонстрували високу пластичність у виборі трубочок, використовуючи від 4 до 8 різних діаметрів.

Було відзначено досить високе видове багатство паразитів – щонайменше 10 видів. Найбільш вразливими до паразитизації виявилися *Symmorphus bifasciatus* та *Ancistrocerus trifasciatus* (табл. 2).

Таблиця 2. Паразити виявлені в трубочках у період 2015–2022 рр.

Назва	Рік								Загалом
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Chrysis angustula</i>	23	-	-	-	-	-	1	-	24
<i>Chrysis ignita</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	2
<i>Chrysis fulgida</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Chrysis schencki</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	1

Назва	Рік								Загалом
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Trichrysis cyanea</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	2
<i>Gasteruption pyrenaicum</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Melittobia acasta</i>	22	2	2	-	-	-	-	-	26
<i>Microgaster sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dermestidae</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Parasitica</i>	-	5	4	-	1	-	27	13	50
Загалом	50	10	6	0	3	0	29	13	111

Список використаних джерел

1. Settele J., Penev L., Georgiev T. Cavity-nesting Hymenoptera across Europe: a study in ALARM project field site network sites using small trap-nests on trees and buildings. Atlas of Biodiversity Risk. Sofia: Pensoft Publishers, 2010. 173 p.

2. Gayubo S. F., González J. A., Asís J. D., Tormos J. Conservation of European environments: the Spheciformes wasps as biodiversity indicators (Hymenoptera: Apoidea: Ampulicidae, Sphecidae and Crabronidae). Journal of Natural History. 2005. Vol. 39, No. 29. P. 2705–2714. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222930500114095>

¹Ворончук С., ²Лісовська В.

e-mail: voronchuk.sofi@gmail.com

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²ДП "Науковий центр превентивної токсикології, харчової

та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя МОЗ України

ПОРІВНЯННЯ БІФЕНТРИНУ З ІНШИМИ ПОДІБНИМИ ПЕСТИЦИДАМИ

Voronchuk S., Lisovska V. Comparison of Bifenthrin with other similar pesticides

Bifenthrin is a widely used pyrethroid insecticide known for its long-lasting effect and high toxicity to insects. Compared to permethrin, cypermethrin, and deltamethrin, it shows moderate toxicity to warm-blooded

animals, medium environmental persistence, and a moderate risk of bioaccumulation. While permethrin is safer for indoor use due to low toxicity, cypermethrin offers greater surface stability but poses a higher environmental risk. Deltamethrin is extremely potent, even in low doses, but also more toxic to humans and animals. Bifenthrin is most suitable for agricultural use where long-term pest control is needed, but it should be avoided near water bodies due to its harmful effects on aquatic ecosystems.

Біфентрин є одним із найбільш використовуваних піретроїдних інсектицидів, і його ефективність у боротьбі зі шкідниками, а також потенційні ризики для навколишнього середовища та здоров'я людини, стали предметом численних досліджень. Однак біфентрин не є єдиним піретроїдним пестицидом, який широко застосовують у сільському господарстві та побуті. Для комплексного розуміння його властивостей необхідно порівняти біфентрин з іншими подібними пестицидами, такими як перметрин, циперметрин та делтаметрин. Таке порівняння дозволяє краще оцінити його ефективність, безпечність, а також вплив на екосистеми та здоров'я людини.

Біфентрин, як і інші піретроїди, в основному діє через порушення роботи нервової системи комах, спричиняючи блокування передачі нервових імпульсів і, як наслідок, параліч і загибель шкідників. Проте кожен із цих піретроїдних інсектицидів має свої унікальні властивості, які визначають його специфіку застосування та вплив. Наприклад, перметрин відомий своїм широким спектром дії, високою ефективністю проти широкого кола шкідників і відносно низькою токсичністю для теплокровних тварин, що робить його популярним вибором для боротьби з комахами в приміщеннях. У свою чергу, циперметрин має значно вищу стійкість до розкладання, завдяки чому зберігається на оброблених поверхнях значно довше, що підвищує його ефективність у польових умовах. Дельтаметрин, відомий своєю високою токсичністю для комах навіть у малих концентраціях, використовується там, де потрібний максимальний ефект при мінімальних дозах [Casida, 2013].

Табл. 1 порівняльної характеристики біфентрину та інших популярних піретроїдних пестицидів надає детальне уявлення про основні властивості цих хімічних сполук, їх ефективність та можливі ризики. Біфентрин, перметрин, циперметрин та

дельтаметрин мають широкий спектр дії, але відрізняються за рівнем токсичності для комах та теплокровних, тривалістю дії, стійкістю до розкладання та потенційними екологічними наслідками. Таке порівняння дозволяє краще оцінити переваги й недоліки кожного з пестицидів, враховуючи як специфічні властивості, так і вплив на навколишнє середовище.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика біфентрину та інших піретроїдних пестицидів

Дельтаметрин	Циперметрин	Перметрин	Біфентрин	Пестицид
Дуже висока	Висока	Висока	Висока	Токсичність для комах
Висока	Середня	Низька	Помірна	Токсичність для теплокровних
Довготривала	Середня	Не тривала	Довготривала	Тривалість дії
Середня	Висока	Низька	Середня	Стійкість до розкладання
Негативний для водних організмів	Високий	Помірний	Негативний для водних екосистем	Вплив на навколишнє середовище
Середній	Високий	Низький	Помірний	Ризик біоаккумуляції
Можливе	Часте	Рідкісне	Можливе	Перетворення в токсичні метаболіти

Перша характеристика, наведена в табл. 1, – токсичність для комах. Усі розглянуті пестициди, включаючи біфентрин, мають високий або дуже високий рівень токсичності для комах. Це підтверджує ефективність кожного з них у боротьбі зі шкідниками. Дельтаметрин, зокрема, виділяється своєю надзвичайною токсичністю для комах навіть у низьких концентраціях, що робить його ефективним засобом для застосування на великих територіях з мінімальними дозами. Біфентрин, перметрин та циперметрин також демонструють високий рівень токсичності для комах, однак різниця між ними помітна в інших аспектах, таких як стійкість до розкладання та тривалість дії.

Друга характеристика – токсичність для теплокровних – важлива для оцінювання безпечності пестицидів у господарському застосуванні, особливо коли йдеться про ризики для здоров'я людини та домашніх тварин. Тут перметрин виділяється низьким рівнем токсичності, що є його значною перевагою порівняно з іншими піретроїдами, особливо в умовах побутового застосування. Біфентрин та циперметрин мають помірний і середній рівень токсичності відповідно, що робить їх придатними для сільськогосподарського застосування за умови дотримання відповідних заходів безпеки. Дельтаметрин, який має високий рівень токсичності для теплокровних, потребує особливої обережності при застосуванні, оскільки може мати небажані наслідки для тварин та людей у разі випадкового контакту.

Щодо тривалості дії, біфентрин та дельтаметрин показують довготривалу ефективність, що є значною перевагою при необхідності довгострокового контролю шкідників. Це робить їх ідеальними для польових умов, де повторне застосування може бути обмеженим. Циперметрин має середню тривалість дії, тоді як перметрин є короткотривалим пестицидом, що потребує частішого застосування для підтримки стабільного рівня захисту від комах.

Стійкість до розкладання є ще одним важливим параметром, який впливає на ефективність та безпечність пестициду. Зокрема, циперметрин демонструє високу стійкість до розкладання, що забезпечує тривалий захист після одноразового застосування. Біфентрин має середню стійкість до розкладання, що дозволяє йому ефективно діяти впродовж значного часу, але при цьому

зменшує ризик тривалого накопичення у навколишньому середовищі. Перметрин, з його низькою стійкістю до розкладання, швидко розпадається і не накопичується у ґрунті чи воді, що робить його менш загрозливим для екосистем.

Вплив на навколишнє середовище різниться залежно від конкретного пестициду. Біфентрин та дельтаметрин є токсичними для водних організмів, що робить їх менш бажаними для застосування в зонах, близьких до водойм. Вони можуть накопичуватися в організмах риб та інших водних істот, що створює загрозу для біорізноманіття. Перметрин і циперметрин вважаються більш безпечними, однак циперметрин має високий рівень біоаккумуляції, що робить його потенційно небезпечним при тривалому використанні.

Останні дві характеристики – ризик біоаккумуляції та перетворення у токсичні метаболіти – також мають значення при виборі пестициду. Циперметрин має високий ризик біоаккумуляції, що створює потенційну загрозу для тварин, які живуть у зонах його частого застосування. Біфентрин і дельтаметрин мають середній та помірний ризик біоаккумуляції відповідно, що підвищує необхідність контролю рівня їх застосування. Щодо перетворення у токсичні метаболіти, циперметрин має схильність до частого утворення таких метаболітів, що збільшує ризики для здоров'я та довкілля. Біфентрин та дельтаметрин теж можуть утворювати токсичні метаболіти, проте це трапляється значно рідше.

Таким чином, представлена у табл. 1 інформація підтверджує, що біфентрин є ефективним піретроїдним інсектицидом із значною токсичністю для комах, помірною стійкістю до розкладання та середнім ризиком біоаккумуляції. Порівняно з іншими піретроїдними пестицидами, біфентрин відрізняється тривалістю дії та помірним рівнем токсичності для теплокровних. Однак він потребує обережного використання поблизу водних екосистем через ризик впливу на водні організми та можливість утворення токсичних метаболітів. На основі порівняння з іншими пестицидами можна зробити висновок, що біфентрин є оптимальним вибором для умов, де потрібен довготривалий захист із середнім екологічним ризиком, але слід уникати його застосування поблизу водойм.

Список використаних джерел

1. Casida J. E., Durkin K. A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*. 2013. Vol. 58. P. 99–117. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153645>.
2. Burr S. A., Ray D. E. Structure-activity and interaction effects of 14 different pyrethroids on voltage-gated chloride ion channels. *Toxicological Sciences*. 2004. Vol. 77, No. 2. P. 341–346. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfh019>.
3. Gassner B., Wüthrich A., Scholtysik G., Solioz M. Topical toxicity of pyrethroids in human skin: a study of the effects of the vehicle. *Archives of Toxicology*. 1997. Vol. 71, No. 9. P. 586–590. <https://doi.org/10.1007/s002040050428>.
4. Alavanja M. C. R., Ross M. K., Bonner M. R. Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2013. Vol. 63, No. 2. P. 120–142. <https://doi.org/10.3322/caac.21170>.
5. Bhardwaj S., Srivastava M. K., Kapoor U., Srivastava L. P. A 90 days oral toxicity of bifenthrin in rats: effect on oxidative stress parameters. *The Indian Journal of Experimental Biology*. 2010. Vol. 48, No. 9. P. 987–992.

Довгалиук Є.

e-mail: ievgeniidovgaliuk@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПРИРОДНА ТА КУЛЬТУРНА СПАДЩИНА ЯГОТИНСЬКОЇ ГРОМАДИ

Dovgaliuk I. Natural and cultural heritage of the yahotyn community

The study focuses on preserving Yahotyn community's natural and cultural heritage, addressing challenges like historical site loss and landscape degradation. It analyzes theoretical approaches, emphasizing sustainable development, community engagement, and the role of legislation and digital platforms. The research also examines issues in Ukrainian heritage preservation, the importance of protecting natural heritage, and local-level conservation trends. Key findings include the need for integrated strategies, increased funding, and stakeholder collaboration to ensure the sustainable development of the Yahotyn community.

Збереження природної та культурної спадщини важливе для сталого розвитку Яготинської громади, яка стикається з втратою

пам'яток та деградацією ландшафтів, що робить дослідження актуальним. Існуючі дослідження в Україні є, але вивчення Яготинської громади недостатнє, тому потрібна систематизація знань для покращення ситуації.

Мета роботи – комплексне вивчення спадщини громади, виявлення проблем та розробка шляхів їх вирішення, що вперше систематизує дані та розробить рекомендації для місцевих планів охорони. Розглядаються теоретичні підходи до збереження спадщини, їх важливість для сталого розвитку та ідентичності громади, концепція сталого розвитку, роль законодавства, ЮНЕСКО та цифрових платформ.

Окреслюються проблеми збереження спадщини в Україні та важливість охорони природної спадщини на рівні громад (на прикладі Яготинської громади) та розвитку екотуризму. Завершується оглядом тенденцій охорони спадщини на місцевому рівні, зокрема в Яготинській ОТГ, де систематизуються туристичні об'єкти та підкреслюється важливість залучення громади, екотуризму та управління ресурсами для сталого розвитку.

Зкладається теоретична основа дослідження, об'єднуючи природну та культурну спадщину як елементи ідентичності Яготинської громади, її унікальність (історія, біорізноманіття, міграційний шлях птахів). На основі конвенції ЮНЕСКО надаються визначення культурної та природної спадщини як методологія аналізу. Визначаються географічні межі Яготинської ОТГ, роль р. Супій та можливість розширення меж дослідження. Надається загальна інформація про громаду (площа, населення, населені пункти) як контекст для аналізу спадщини.

Розпочинається визначення офіційної спадщини Яготинської ОТГ (16 туристичних цінностей на сайті громади станом на січень 2025 р.: 3 природні, 13 культурні). Проте аналіз природно-заповідного фонду України виявляє неповне відображення природної спадщини (відсутність згадки про заказник "Усівський-2"). Дослідження звертається до ГО "Save & Explor", яка виявила додатково 10 об'єктів (природні території: півострів "Круглий острів", заказник "Усівський-2", плавучі острови, орнітологічне багатство Супою, три штучні озера; культурні об'єкти: музеї в

Кулябівці та Капустинцях). Особлива увага приділяється орнітологічному значенню території (успіхи в конкурсі "Великий день", рідкісні види птахів), потенціалу екотуризму та необхідності збереження цього аспекту природної спадщини.

Підсумовується ідентифікація ключових об'єктів спадщини Яготинської громади, наголошується на необхідності плану дій для їх збереження, розглядається взаємозв'язок природної та культурної спадщини. Відзначається значний природний потенціал громади (р. Супій, біорізноманіття, рідкісні види), висока екологічна цінність та потреба в охороні. Підкреслюються можливості розвитку екотуризму та активного відпочинку, що сприятиме збереженню спадщини та розвитку громади. Подальший аналіз буде спрямований на взаємозв'язок природних цінностей та культурного розвитку, важливість екологічного балансу та сталого розвитку для збереження спадщини та її інтеграції в культурно-туристичну діяльність.

Проведено аналіз об'єктів спадщини Яготинської громади, виявлено їх унікальність та значущість для місцевої ідентичності. Визначено ключові проблеми збереження (недостатнє фінансування, відсутність стратегії управління, негативний вплив людської діяльності). Розроблено рекомендації для ефективного збереження та сталого використання спадщини (залучення інвестицій, розвиток екотуризму, підвищення обізнаності громади). Визначено перспективи подальшої роботи (розробка довгострокової стратегії, посилення співпраці, залучення громади).

Список використаних джерел

1. Руденко Л. Г., Маруняк Є. О., Голубцов О. Г. Ландшафтне планування в Україні. Київ, 2014. 144 с.
2. James Cuno, Thomas G. Weiss. Cultural Heritage and Mass Atrocities [year not specified]. 648 p.
3. Підліснюка В. Сталий розвиток суспільства: роль освіти : путівник. Київ : СПД Ковальчук, 2005. 88 с.

Калайда А.

e-mail: anna.kalaida@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ЇЗДЦІВ РОДУ *TRICHOGRAMMA* (HYMENOPTERA, TRICHOGRAMMATIDAE)

Kalaida A. Morphometric analysis of diagnostic features of the parasitoid wasps of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae)

*The objective of this study was to improve morphometric descriptions of the commercially important species of parasitic wasps, *Trichogramma evanescens* and *T. pintoi* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Trichogrammatidae). For this purpose, 30 specimens of each species were measured for 16 morphological characters. The results were then used to calculate morphometric indices traditionally applied in *Trichogramma* diagnostics.*

Види роду *Trichogramma* є найбільш відомими й ефективними ентомофагами, які широко застосовуються в багатьох країнах світу у біологічному методі захисту рослин проти багатьох видів метеликів-шкідників сільського і лісового господарства. Їздці роду *Trichogramma* є паразитоїдами яєць комах, або яйцеїдами. Знищуючи яйця шкідника трихограми позитивно впливають на захист сільськогосподарських культур. Дослідженнями встановлено, що ефективність паразитоїда може бути дуже високою, зокрема до кінця вегетаційного періоду зараженість їздцем може сягати 90 % [2].

В Україні зустрічаються 15 видів трихограм, два з яких – *Trichogramma evanescens* та *T. pintoi* найбільш широко застосовуються в біологічному методі для контролю популяцій шкідників сільськогосподарських культур [3]. Зважаючи на відмінності в ефективності препаратів, що містять різні види трихограм, постає потреба в експертному таксономічному визначенні матеріалу, що надається вітчизняними установами, які розводять трихограм у культурі. Таке визначення здійснюється за морфологічними ознаками.

Ідентифікація видів трихограм ускладнюється через малі розміри імаго, які становлять менше 1 мм, придатність для цього лише самців, тонкі морфологічні відмінності, проблеми із збереженням типових матеріалів на препаратах та плутанину із таксономічною приналежністю екземплярів. Таксономічне підтвердження необхідне для ідентифікації аборигенних та інтродукованих видів, а також для того, щоб масові культури не були забруднені небажаними видами [1].

Метою цього дослідження було скласти вдосконалені морфометричні описи комерційно важливих видів їздців, *Trichogramma evanescens* і *T. pintoi* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Trichogrammatidae) на основі дослідження мінливості діагностичних ознак. Для цього було взято по 30 екземплярів кожного виду, з них виготовлено препарати й кожен екземпляр виміряно за 16 морфологічними показниками. Отримані результати було використано для розрахунку морфометричних індексів, які традиційно використовуються у діагностиці. Статистичний аналіз було проведено у програмі PAST. Види порівнювали між собою за допомогою непараметричного U-критерію Манна-Уїтні (Mann–Whitney U-test).

У результаті дослідження було виявлено статистично значущі відмінності за значно більшою кількістю морфологічних показників, ніж тих, що зазвичай використовуються в діагностиці. Отримані результати стануть в пригоді фахівцям, які займаються культивуванням трихограм.

Список використаних джерел

1. Knutson, A. The Trichogramma manual. *Bulletin Texas Agricultural Extension Service*. 1998 N 6071. 44 p.
2. Querino, R. B., Zucchi, R. A., Pinto, J. D. Systematics of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) with a focus on the genera attacking Lepidoptera. *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. 2010. P. 191–218.
3. Фурсов В.М. Застосування трихограм для захисту рослин від метеликів-шкідників. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2010. С. 65–71.

Колесник М., Сінгаєвський Є.

e-mail: mkynselok@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**ЗНАХІДКИ АДВЕНТИВНОГО ВИДУ ПАВУКІВ
AGELENOPSIS POTTERI (BLACKWALL, 1846)
КИЄВІ ТА КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Kolesnyk M., Singaevsky E. Observations of the adventive spider species *Agelenopsis potteri* (Blackwall, 1846) in Kyiv and Kyiv region

*The city of Kyiv and Kyiv region are one of the centers of trade and migration activity in Ukraine. Due to the growing mobility of the population, trade, the fragmentation and anthropogenic transformation of natural ecosystems, many allochthonous species have the ability to spread rapidly to new regions. Spiders, due to a number of their characteristics, can easily enter new places. Among the spiders of the fauna of Ukraine, one of the adventive species is *A. potteri*. Using data from online biodiversity databases we can reliably track the occurrence of *A. potteri* in a selected region with a sufficiently high accuracy.*

Місто Київ та Київська обл. є одними із центрів товарообігу та міграційної активності населення в Україні, особливо в останні роки. Щодня через Київ транзитом проходять тони різноманітних вантажів. Через зростаючу мобільність населення, товарообіг, а також фрагментацію й антропогенну трансформацію природних екосистем, багато алохтонних видів мають можливість швидко поширюватись у нові регіони. Павуки через ряд своїх особливостей: малі розміри, можливість тривалий час обходитися без їжі, здатність переховуватись у пустотах і шпаринах товарів та виробів, успішно потрапляють у нові місця [4].

Серед павуків фауни України до адвентивних видів належить *A. potteri* (Blackwall, 1846), який уперше виявлений у 1995 р. на території м. Донецьк [5].

Метою даної роботи є узагальнення актуальних даних щодо поширення адвентивного виду павуків *Agelenopsis potteri* на території м. Києва та Київської обл. за літературними джерелами та спостереженнями на ресурсах із дослідження біорізноманіття.

Стежити за динамікою поширення і здійснювати моніторинг знахідок, зокрема, і адвентивних видів, наразі є можливим за допомогою таких інтернет-ресурсів, як iNaturalist, Gbif та UkrBin. Це сучасні мережі любителів природи, натуралістів, громадських вчених, біологів і звичайних людей, не дотичних до науки, побудованих на концепції картування й обміну спостереженнями біорізноманіття по всьому світу. Головно, завдяки внеску зацікавленої частини громадськості й є можливість отримувати дані про виявлення багатьох знахідок [3].

На основі інформації баз даних із різноманіття, які постійно доповнюються, можна достовірно відстежувати нові місця знахідок *A. potteri* у обраному регіоні. Досліджуваний вид достатньо легко ідентифікувати (великі розміри, характерне забарвлення, деталі будови педипальп). Тому дані, отримані з iNaturalist та інших подібних ресурсів, можна вважати надійними, і на їх основі є можливість створювати карту розповсюдження, яка відображатиме реальну ситуацію із досить високою точністю.

За результатами проведеного аналізу баз даних з біорізноманіття станом на січень 2025 р. зареєстровано близько 250 спостережень адвентивного виду *A. potteri* на території України. 128 спостережень виявлено в базі соціальної мережі iNaturalist, 67 спостережень – на ресурсі міжнародної мережі баз даних GBIF та 55 спостережень – на ресурсі Національної мережі Інформації з біорізноманіття UkrBIN.

На території м. Києва та Київської обл. зареєстровано 78 знахідок *A. potteri*. Із них, 49 випадків спостережень наводиться за ресурсом iNaturalist, 15 – за ресурсом Gbif та 14 – за ресурсом UkrBIN. У випадку з iNaturalist та GBIF присутнє дублювання знахідок, а саме, із 15 знахідок GBIF, 15 дублюються із iNaturalist, тобто маємо збіг 100 %. У випадку UkrBIN маємо 7 збігів із iNaturalist, тобто 50 %. У випадку GBIF та UkrBIN жодних збігів не виявлено (рис. 1.)

Важливо зазначити, що дані із платформи iNaturalist, після верифікації фахівцями з тієї чи іншої групи організмів, надходять до міжнародної мережі інформаційної системи із біорізноманіття – GBIF [3].

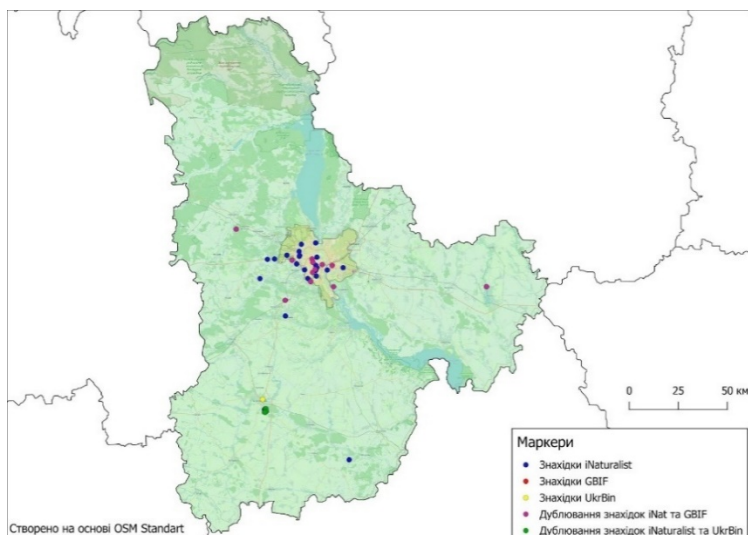


Рис. 1. Знахідки адвентивного виду *A. potteri* на території м. Києва та Київської обл. за даними iNaturalist, GBIF та UkrBIN (станом на січень 2025 р.)

У області вид фіксувався на території м. Біла Церква, н.п. Шкарівка Білоцерківського р-ну, с-ще Глеваха Фастівського р-ну, сіл Музичі, Гореничі, Мила та Пороскотень Бучанського р-ну, м. Васильків Обухівського р-ну та с. Червоне Заріччя Бориспільського р-ну.

У ряді фауністичних публікацій по Києву та Київській області зазначається адвентивний павук *A. potteri*, який фіксувався у підвальних приміщеннях господарських будинків у Голосіївському р-ні м. Києва [2], серед агроценозів Білоцерківського та Миронівського районів [1], на присадибних земельних ділянках приватних помешкань в околицях с. Веприк Фастівського р-ну [6].

На ювенільній стадії *A. potteri* не здатен до активного розселення шляхом перельотів на павутині, як це характерно для деяких інших павуків. Натомість його поширення відбувається переважно завдяки процесам міжнародного та внутрішнього товарообігу, транспортування різноманітних вантажів, контейнерів, сільськогосподарської продукції тощо.

Список використаних джерел

1. Евтушенко К., Дымань Т., Яценко С. К изучению пауков (Aranei) агроценозов Киевской области. *Укр. ентомологічний журн.* 2012. Т. 1, № 4. С. 16–25.
2. Евтушенко К., Сингаевский Е. Эвсинантропные пауки (Arthropoda: Aranei) Киева. *Вісті Харків. ентомологічного тов-ва.* 2008. Т. 15, № 1–2. С. 223–225.
3. Матушкіна, Н., Проценко, Ю., Ставський, І. Платформа iNaturalist як інструмент екологічної освіти та дослідження локального біорізноманіття в Україні. *Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття на природно-заповідних територіях: матеріали конференції, присвяченої 100-річчю Канівського природного заповідника.* Чернівці : Друк Арт С. 199–205.
4. Полчанинова Н. Адвентивный вид *Agelenopsis potteri* (Blackwall, 1846) (Aranei: Agelenidae) в Украине. *Фундаментальні та прикладні дослідження в зоології : мат-ли наук.-практ. конф., присвяченої 175-річчю каф. зоології та ентомології ім. В.Н. Литвинова ХНАУ ім. В.В. Докучаєва.* 2015. С. 84–86.
5. Прокопенко Е., Гойдик І. Распространение *Agelenopsis potteri* (Blackwall, 1846) – адвентивного североамериканского вида в Левобережной Украине. *Вісн. Дон. ун-ту. Серія А: Природничі науки.* 2006. № 2. С. 257–260.
6. Януль В., Сингаєвський Є. Попередні відомості про фауну павуків (Arachnida, Aranei) Фастівського району (Київська область). *Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка.* 2021. Т. 85, № 2. С. 51–56.

Колонтай О., Карлашчук С.

e-mail: mkynselok@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

FDMT: МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ЛАНЦЮГІВ

Kolontai O., Karlashchuk S. FDMT: modelling radioactive contamination of food chains

The paper highlights the critical role of the FDMT module within the RODOS system for assessing and forecasting radioactive contamination in food chains following nuclear accidents. FDMT enables timely decision-making to minimize health risks by predicting radionuclide transfer through the environment and food

products. Its adaptability to different climatic and geographic conditions enhances its effectiveness across various regions. FDMT also supports long-term monitoring and intervention planning using real-time radiological data. This tool is essential for improving radiation safety and mitigating the impact of radiological emergencies on public health and the environment.

Техногенні аварії, а саме радіаційні, такі як катастрофи на Чорнобильській та Фукусімській АЕС, показали необхідність оперативного реагування на викиди радіонуклідів у навколишнє середовище. Оцінювання впливу радіоактивного забруднення на продукти харчування та здоров'я населення є критично важливим завданням для мінімізації ризиків. У цьому контексті FDMT, як частина системи RODOS, відіграє ключову роль у моделюванні та прогнозуванні наслідків подібних подій.

Метою використання FDMT є оперативне оцінювання рівнів радіоактивного забруднення та прогнозування його поширення через харчові ланцюги. Це дозволяє ухвалювати своєчасні рішення щодо обмеження споживання забруднених продуктів, евакуації населення та інших заходів радіаційного захисту.

FDMT є одним із найважливіших модулів RODOS, розробленого для підтримки прийняття рішень у разі радіаційних аварій. У науковій літературі розглядається ефективність FDMT у прогнозуванні довгострокового впливу радіонуклідів, що осідають на поверхнях, потрапляють у воду та переносяться через харчові ланцюги.

Дослідження, проведені в рамках EURDEP, демонструють значну точність прогнозів FDMT щодо концентрації радіоактивних елементів у продуктах харчування. Деякі дослідження також підтверджують можливість використання FDMT для адаптації до різних кліматичних і географічних умов, що розширює сферу його застосування.

FDMT (Food Chain and Dose Module for Terrestrial Pathways) є частиною "Real-time On-line Decision Support System" (RODOS) "Системи підтримки прийняття рішень в режимі реального часу". У системі RODOS – FDMT є модулем для моделювання перенесення радіоактивного матеріалу в харчових ланцюгах, відповідно і на здоров'я людини.

FDMT (Food Chain and Dose Module for Terrestrial Pathways) використовується для моделювання шляху радіонуклідів через харчові ланцюги. Відповідно забруднення може відбуватися різними шляхами через зовнішній шлях опромінення гамма-випромінюванням від радіоактивного шлейфу та ґрунтового матеріалу, через вдихання того самого матеріалу, через вживання забрудненої їжі та через поглинання радіоактивного матеріалу, що осідає на шкірі

Основним завданням FDMT є оцінювання радіозабруднення та моделювання перебігу цього самого забруднення через різні шляхи потрапляння в організм. FDMT починає свої розрахунки з отриманих модулів розсіювання атмосфери.

Основними вихідними величинами є:

- інтегрована в часі концентрація активності в ближньому наземному повітрі;
- активність, що осідає опадами на одиницю площі ґрунту;
- кількість опадів, якщо відбулося вологе осадження;
- дата осадження (день, місяць)

Виходячи з цих вихідних даних, перенесення радіонуклідів по харчових ланцюгах розраховується в кілька етапів, як показано схематично на рис. 1.

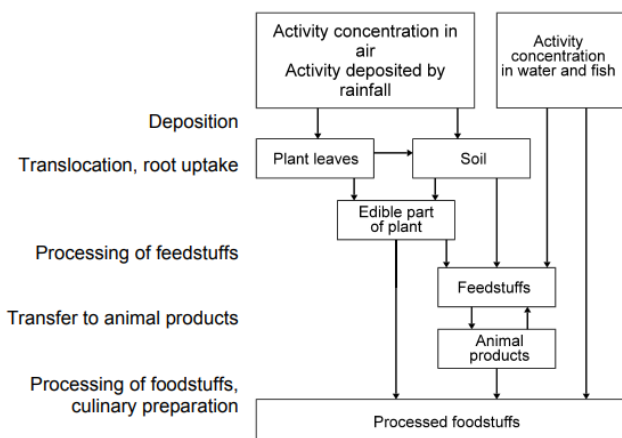


Рис. 1. Етапи розрахунків переносу по харчовому ланцюгу

Радіологічні надзвичайні ситуації можуть виникати внаслідок неправильного використання радіоактивних джерел у сфері охорони здоров'я, промисловості та наукових досліджень, терористичних актів тощо, а також унаслідок аварій на атомних електростанціях, як це сталося в Чорнобилі та Фукусімі, що несе загрозу для здоров'я та життя населення.

Дані FDMT за замовчуванням, що надаються системою, адаптовані для Центральної Європи, але є можливість налаштувати систему відповідно до регіональних та національних умов. За допомогою цієї моделі були протестовані найгірші умови для створення більшого осадження ґрунту та харчові продукти вище рівнів втручання

FDMT має можливість розраховувати концентрацію активності в готовій до вживання їжі та вказує на області, де очікується, що концентрації перевищать заздалегідь визначені рівні від початку аварії до десятиліть пізніше. Він також використовується для визначення часу розвитку концентрацій харчових продуктів на пізніх фазах аварії, поряд з метеорологічними та радіологічними вимірюваннями (активність радіонуклідів у повітрі, активність опадів, кількість опадів), де використовуються дані радіологічного моніторингу в реальному часі (EURDEP) з автоматизованих систем спостереження з 39 країн ЄС. Продукти, що розглядаються в FDMT, можуть бути адаптовані до конкретних ситуацій у різних частинах Європи. Список містить 21 корм (17 на основі рослин і 4 на продуктах тваринного походження) і 34 продукти харчування (19 продуктів рослинного походження і 15 продуктів тваринного походження) стандартних для Центральної Європи. Саме вживання швидких заходів та оцінювання результатів у майбутньому дасть змогу мінімізувати ризики для здоров'я населення та в найкоротші терміни надасть змогу зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Швидке впровадження необхідних заходів та аналіз їхніх наслідків у перспективі дозволяє значно знизити ризики для здоров'я людей і скоротити час впливу радіоактивного забруднення на довкілля.

Модель FDMT є ефективним засобом оцінювання рівня радіоактивного забруднення, що дає можливість передбачати

концентрацію радіонуклідів у продуктах харчування та водних ресурсах. Її застосування сприяє посиленню контролю за радіаційною безпекою та зменшенню потенційної загрози для населення. Завдяки своїй універсальності та можливості адаптації до специфічних умов різних регіонів FDMT залишається одним із ключових інструментів для оперативного реагування на радіаційні надзвичайні ситуації.

Список використаних джерел

1. Ehrhardt J. The RODOS System: Decision Support for Off-Site Emergency Management in Europe. *Radiation Protection Dosimetry*. 1997. Vol. 73, N 1. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032160>
2. Gering, F., Raskob, W. FDMT Model for Food Chain and Dose Calculations. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006. 85(2-3). P. 211-220.
3. EUropean Radiological Data Exchange Platform. REMon – *European Commission*. URL: <https://remon.jrc.ec.europa.eu/About/Rad-Data-Exchange>.

**¹Коноваленко М., ¹Старшинова М., ¹Колісник В.,
²Веденічова Н., ¹Гарманчук Л.**

e-mail: konovalenkomaria543@knu.ua

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

²Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

ГАМАГЛУТАТИОНТРАНСПЕПТИДАЗНА АКТИВНІСТЬ У ГЕПАТОЦИТАХ ПІД ДІЄЮ ЦИТОКІНІНІВ ГРИБНОГО ПОХОДЖЕННЯ

**Konovalenko M., Starshynova M., Kolisnik V. Vedenichova N.,
Garmanchuk L. Gamma-glutamyltranspeptidase activity in hepatocytes
under the influence of fungal-derived cytokinins**

The study explores the effects of cytokinin-containing fungal extracts on gamma-glutamyltranspeptidase (GGT) activity in HepG2 hepatocyte cells. The highest suppression of GGT activity was observed after treatment with chromatographically purified cytokinin fractions, compared to crude extracts. This indicates the potential of fungal cytokinins to regulate antioxidant mechanisms in tumor cells and opens prospects for their possible application in biomedical and environmental research.

Молекули цитокінінів в еволюційному аспекті є дуже консервативними, вони присутні як у вільній формі, так і у складі

тРНК у найрізноманітніших груп організмів: бактерій, нижчих і вищих рослин, грибах, нематодах, комах, людини. Припускається, що первинні функції цих молекул, зафіксовані еволюційно, полягали в покращенні трансляції білка у рибосомах, оскільки модифікували 3'-кінець антикодона специфічних тРНК. Двокомпонентна система передачі цитокінінових сигналів присутня у бактерій, ранніх еукаріотів і рослин, але вважають, що у тварин вона була втрачена в ході еволюції.

У грибів регуляторні і сигнальні функції цитокінінів практично не досліджені. Відомо, що гриби різних таксонів здатні продукувати ці гормони. Проте інтерес до вивчення функціонального значення цитокінінів для росту і розвитку грибів виникав спорадично, систематичних і масштабних досліджень не проводилося. Важливим аспектами у комунікації цитокінінів грибного походження та клітин ссавців та людини є їх вплив на про/антиоксидантну дію, в якій ключова роль належить глутатіоновій системі, зокрема ферменту гамаглутамінтранспептидазі (ГГТ). Глутатіонова система, до якої належить ГГТ, відіграє ключову роль у нейтралізації активних форм кисню (АФК) та важких металів. ГГТ каталізує розщеплення глутатіону на складові (напр., цистеїн, глутамат), які можуть повторно використовуватися клітинами для синтезу нового глутатіону – головного антиоксиданта. Гриби з високою активністю ГГТ можуть модулювати окислювальний стрес у забруднених екосистемах, розкладаючи токсичні сполуки (напр., пестициди, нафтопродукти) через глутатіон-залежні реакції. Це призводить до детоксикації ґрунту або води, де гриби виступають біологічними "фільтрами". Мікоризні гриби, взаємодіючи з корінням рослин, можуть підсилювати їхню толерантність до важких металів за рахунок підвищення активності ГГТ, що зменшує накопичення токсинів у рослинах і передачу їх у харчовий ланцюг.

Об'єктами досліджень були екстракти з міцелію культивованих грибів *Trametes versicolor*, *Pleurotus ostreatus* *Morchella esculenta*, *Fomitopsis officinalis*, *Hericium coralloides* отримані шляхом органічної екстракції та подальшої хроматографічної очистки в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Виділення речовин цитокінінової природи з міцеліальної біомаси грибів проводили двостадійним очищенням: екстракцією органічними розчинниками та хроматографічним розділенням із використанням

високоєфективною рідинною хроматографією на рідинному хроматографі високого тиску Agilent 1200 LC з діодно-матричним детектором G 1315 B (США) [1].

Як модельний об'єкт для визначення стану детоксикаційних систем, рівня гамаглутамінтрансферази було використано клітинну лінію *HepG2* (гепатоцелюлярна карцинома людини) з маркерами диференціювання, притаманним нормальним гепатоцитам, зокрема експресії ферментів детоксикаційної системи.

Для визначення активності ГГТ у середовищі інкубації клітин лінії *HepG2* за впливу цитокінінових фракцій культивованих грибів було використано тест набір для оцінювання загальної активності гамма-глутамінтранспептидази (Філісіт, Україна). Принцип методу полягає в тому, що під дією гамма-глутамілтранспептидази глутаміновий залишок з γ -L(+)-глутамін п-4-нітроаніліда переходить на діпептидний акцептор-гліцилгліцин. При цьому вивільняється хромоген – п-нітроанілін. Оптичну щільність реакційного розчину вимірюють після зупинення ферментативної реакції оцтової кислоти при довжині хвилі 405 нм. Цей метод було адаптовано нами для визначення ГГТ-активності в середовищі культивування пухлинних клітин.

У результаті проведеного дослідження було показано, що найбільший пригнічувальний ефект щодо ГГТ активності мали цитокінінові фракції *Hericium coralloides* та *Pleurotus ostreatus*, тоді як за впливу *Trametes versicolor* цей показник зростав порівняно з відповідним контролем (рис. 1)

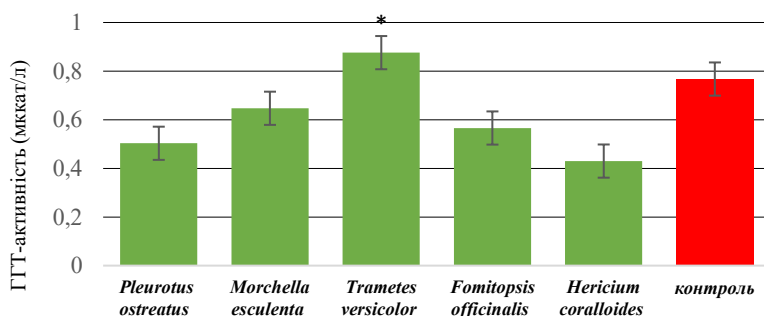


Рис. 1. Вплив цитокінінових фракцій *Hericium coralloides*, *Pleurotus ostreatus* та *Trametes versicolor* на активність γ -глутамілтрансферази (ГГТ)

Список використаних джерел

1. Mok D. W. S., Mok M. C. Cytokinin metabolism and action. *Annual Review of Plant Biology*. 2001. Vol. 52. P. 89–118.
2. Pompella A., Corti A., Paolicchi A. et al. Gamma-glutamyltransferase, redox regulation and cancer drug resistance. *Current Opinion in Pharmacology*. 2007. Vol. 7(4). P. 360–366.
3. Vedenicheva N., Al-Maali G., Bisko N., Kosakivska I., Garmanchuk L., Ostapchenko L. Effect of bioactive extracts with high cytokinin content from micelial biomass of *Hericium coralloides* and *Fomitopsis officinalis* on tumor cells *in vitro*. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv-Biology*. 2020. 79 (3). P. 31–37.
4. Vylkova S., Lorenz M. Signaling pathways in interactions of fungal pathogens with the host. *PLOS Pathogens*. 2014. 10(9). e100435.

Литвин Б., Таран Н.

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

e-mail: lytvynbogdan164@gmail.com, ny_taran@ukr.net

ФІТОРЕВІТАЛІЗАЦІЯ В ПАРАДИГМІ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ВІЙНОЮ ЕКОЦЕНОЗІВ

Lytvyn B., Taran N. Phytorevitalization in the paradigm of restoring agricultural potential

*The study investigates the possibility of using such biosequestrative plants as *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum* and others in revitalization of agricultural land by increasing the contents of soil organic carbon and decreasing the amounts of heavy-metal pollution.*

Ґрунти, серед всіх екосистем, зазнають найбільшого негативного впливу від воєнних дій. Ґрунт, а також його біологічний покрив – трави, мохи, лишайники й гриби – є найбільш вразливими, адже не здатні покинути ділянку, на якій відбувається вибух, або захистити себе від негативних впливів. Такими впливами передусім є короткострокова руйнівна дія вибухової хвилі та довготривала дія хімічного забруднення [1]. Наприклад, детонуюча 250-кілограмова бомба, може залишити по собі воронку діаметром до 8 м і глибиною до 4 м та вивертає близько 375 м³ ґрунту. Оголений ґрунт в утвореній воронці

ущільнюється по стінках, оскільки основна дія ударної хвилі припадає саме туди. Такий ґрунт стає деградованим. Зокрема, у Центральній Європі і досі існують проблеми з ґрунтами після Першої світової війни, тому що швидкість відновлення ґрунту становить близько 0,06 мм/рік. Також вибухи можуть зруйнувати водонепроникний шар корінних порід, що сприяє закисленню та забрудненню ґрунту від підземних вод [2].

Деградація ґрунтів у поєднанні зі зменшенням сільсько-господарського потенціалу, інтенсивними методами ведення сільського господарства за глобальних змін клімату призводять до суттєвого порушення сталості агро-, фітоценозів. Сучасні фіторевіталізаційні технології спрямовані на подолання цих кризових ситуацій, оскільки рослини можуть ефективно відновлювати деградовані землі, а також підвищувати їхню здатність протистояти екологічному стресу та відновлювати екосистеми. Фіторевіталізація – це комплекс заходів, спрямованих на відновлення деградованих земель за допомогою рослин, який безпосередньо включає фітомеліорацію (покращення властивостей ґрунту), фіторемедіацію (очищення від забруднювачів) та біосеквестрацію (біопоглинання) вуглецю, що разом сприяють відновленню екологічної рівноваги фітоценозу [3].

У багатокомпонентній фіторевіталізаційній технології особлива увага приділяється процесу біопоглинання вуглецю певними видами рослин, оскільки він допомагає відновити родючість ґрунту, створюючи гумус і водночас зменшуючи наслідки зміни клімату. Головним інструментом фіторевіталізаційних процесів є рослини-гіперакумулятори, які через особливості фізіологічних процесів, морфо-анатомічні пристосування здатні накопичувати великі кількості атмосферного вуглецю, і які за своєю толерантністю невибагливі до кислотності ґрунту, вологості, або вмісту макроелементів у ґрунті. Одним з таких гіперакумуляторів є Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*).

Міскантус демонструє продуктивність біомаси, що досягає від 10 до 40 т сухої речовини з гектара щороку, залежно від конкретних умов навколишнього середовища, зберігаючи при цьому глибоке проникнення коріння у ґрунт. Глибока коренева система дозволяє міскантусу ефективно поглинати атмосферний

CO₂ і перетворювати його на стабільні органічні сполуки (гумус), використовуючи коріння та рослинні рештки, що розкладаються [4, 5]. Різні типи ґрунтів, а також тривалість вирощування визначають щорічне накопичення ґрунтового вуглецю під посівами міскантусу в діапазоні від 0,5 до 3 т С/га/рік, перевищуючи за темпами традиційні сільськогосподарські культури [4, 5]. Дослідження європейських науковців [6] показують, що вирощування міскантусу призводить до середньорічної швидкості поглинання Сорбційного вуглецю на рівні 1,8 т С/га/рік, що забезпечує швидке відновлення гумусового шару з одночасним покращенням структури та родючості ґрунту.

Окрім міскантусу, значний потенціал для біосеквестрації вуглецю та відновлення ґрунтів має Світчґрас (Просо прутоподібне, *Panicum virgatum*) – ще одна багаторічна злакова культура з глибокою кореневою системою, здатна накопичувати значні обсяги вуглецю в ґрунті (порівняно з міскантусом, але залежить від сорту та умов) і давати високі врожаї біомаси (10–25 т/га) [7].

Сталість фіто- та агро- екосистем суттєво залежать від органічного вуглецю ґрунту (ОВГ) як важливого елементу, високий вміст якого допомагає створювати базові ґрунтові агрегати, а також підтримувати їх у стабільному стані. Зв'язувальна функція органічної речовини зміцнює структуру ґрунту, підвищуючи рівень пористості та доступності повітря, а також швидкість інфільтрації води. Процес мінералізації перетворює органічну речовину ґрунту на стійке джерело, з якого вивільняються основні поживні речовини N, P і S для рослин [8, 9].

Дослідження показують, що 0,58 % ОВГ у верхньому прошарку ґрунту щорічно мінералізує від 10 до 20 кг N, а також від 1 до 2 кг P і від 0,5 до 1 кг S на 1 га, однак швидкість мінералізації сильно залежить від місцевих факторів навколишнього середовища [10, 11]. Катіонний обмінний потенціал ґрунту значно підвищується завдяки ОВГ, який дозволяє ґрунтам утримувати позитивні іони (K⁺ та Ca²⁺ і Mg²⁺), доки вони не стануть доступними для використання рослинами.

Покращення фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту разом призводить до підвищення врожайності рослин, також за сталості фітоценозу, особливо в умовах стресу (посуха та температурні коливання) [12]. Ці висновки неодноразово підтверджені як польовими, так і лабораторними дослідженнями, особливо на виснажених територіях, де збільшення врожайності особливо суттєве від 20 % до 70 % при досягненні відповідних діапазонів ОБГ [12, 13].

Отже, відновлення порушених війною екоценозів буде мати беззаперечний успіх при застосуванні комплексу фіторевіталізаційних технологій з використання перспективних високоенергетичних біосеквесторів та науково обґрунтованих інформаційних технологій.

Список використаних джерел

1. Екологи запропонували майбутнє для ґрунтів, що понівечені війною. *ЕкоПолітика*. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ekologi-zaproponuvali-majbutnie-dlya-gruntiv-shho-ponivecheni-vijnoju>
Боеприпаси та хімія: як війна шкодить ґрунтам і які є рішення? *Рубрика*. URL: <https://rubryka.com/article/soil-ukraine/>
2. Volk T. A., Abrahamson L. P., Nowak C. A., Smart L. B., Tharakan P. J., White E. H. Developing a Willow Biomass Cropping System for Bioenergy and Bioproducts in the United States. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2004. Vol. 113–115. P. 251–267.
3. Heaton E. A., Dohleman F. G., Long S. P. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of Miscanthus. *Global Change Biology*. 2008. Vol. 14, N 9. P. 2000–2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01662.x>
4. Clifton-Brown J. C., Stampfl P. F., Jones M. B. Performance of 15 Miscanthus Genotypes at Five Sites in Europe. *Agronomy Journal*. 2001. Vol. 93, N 5. P. 1013–1019.
5. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of perennial energy crops is soil type specific. *Global Change Biology Bioenergy*. 2013. Vol. 5, N 4. P. 465–474.

Молчанова А.

e-mail: adelaidamolchanova@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СПЕЦИФІКА ВИГОТОВЛЕННЯ ОПУДАЛ ССАВЦІВ ІЗ СЕЗОННИМИ АДАПТАЦІЯМИ ДО УМОВ СЕРЕДОВИЩА

Molchanova A. Specifics of making stuffed mammals with seasonal adaptations to environmental conditions

Seasonal changes in mammals, such as changes in fur color, fat thickness, and molting, have a significant impact on the choice of taxidermy methods. Winter skins with dense fur and thick fat require more intensive processing and stronger preservatives, while summer skins require a more delicate approach. Skins during the moulting season are unsuitable for processing due to hair loss.

Зміна забарвлення шерсті у ссавців є однією з ключових сезонних адаптацій, що забезпечує терморегуляцію та маскування в середовищі існування. У зимовий період тварини набувають більш світлого та густішого хутра, яке виконує теплоізоляційну функцію, тоді як літній покрив є тоншим і темнішим, сприяючи відведенню надлишкового тепла [1]. Ця особливість має важливе значення у таксидермії, оскільки колір волосяного покриву суттєво впливає на вибір консерваційних засобів. Наприклад, застосування мідного купоросу у роботі з білими або світлими шкурами є недоцільним, оскільки він залишає голубувато-зелений відтінок, що порушує природну колористику експоната.

Ще однією визначальною сезонною адаптацією є зміна товщини підшкірної жирової тканини. У холодний період року жировий прошарок у ссавців значно потовщується, що ускладнює механічне очищення та підвищує ризик псування шкіри у разі неякісного міздрування та знежирення. У літній період товщина жиру є меншою. Важливо також враховувати наявність процесу линяння, який відбувається один чи два рази на рік. Шкури, здобуті під час або відразу після линяння, не підлягають використанню з метою виготовлення опудал, оскільки шерсть

продовжує випадати навіть після проведення хімічної фіксації. Для виготовлення якісних опудал, шкіри слід заготовляти до або після завершення цього процесу [2].

Встановлено, що обробка зимових шкур (рис. 1.) потребує застосування агресивніших методів, що обумовлено щільною структурою шерсті та значною кількістю жиру. Після стандартного препарування, шкіру піддають глибокому міздруванню з використанням шкребків і ножів, а в подальшому – ретельному пранню у миючому розчині [3]. Основним етапом є дублення, що здійснюється у формаліновому розчині (2–5 г/л) з додаванням кухонної солі (40–50 г/л) і кальцинованої соди (1–2 г/л), у якому шкіру витримують 12–15 год. Зимові шкіри мають складнішу структуру через добре розвинений підшерстя, що складається з густого шару пухових волосків. Така будова шерсті забезпечує ефективну терморегуляцію в холодний період, але одночасно ускладнює технологічну обробку. Щільність волосяного покриву у поєднанні зі значним вмістом підшкірного жиру потребує використання агресивніших методів обробки.



Рис. 1. Опудало голови ласки (*Mustela nivalis*), виготовлене за допомогою методу формалінового дублення (зимова шкура)

На відміну від цього, літні шкіри (рис. 2.), які мають тоншу та менш щільну структуру, обробляють делікатнішими методами, з метою збереження їх природної еластичності та естетичних особливостей. Після стандартного міздрування – механічного очищення шкіри від залишків тканин за допомогою ножів і шкребків – та ретельного прання у миючому розчині, здійснюють пікелювання. Цей етап полягає у зануренні шкіри в спеціальний

кисотно-сольовий розчин, який зазвичай містить оцтову кислоту в концентрації 15–30 г/л та кухонну сіль у кількості 30 г/л. Тривалість пікелювання залежить від товщини шкіри і становить 5–12 год. Завдяки такому підходу відбувається стабілізація колагенових волокон без пошкодження структури дерми, що підвищує її міцність та довговічність [2].



Рис. 2. Опудало борсука (*Meles meles*), виготовлене за допомогою застосування кисотно-сольового розчину (літня шкіра)

На етапі консервації для літніх шкур віддають перевагу менш токсичним і доступним засобам. Зокрема, широко застосовуються кремнефтористі сполуки, які у вигляді білого порошку розчиняють у воді до насичення, після чого розводять у десятикратному об'ємі води. Такий розчин наносять на внутрішню поверхню шкіри для короткочасного захисту від біологічного руйнування. Крім того, як антисептик використовують хлоргексидин, що не лише знезаражує, але й запобігає розвитку грибків та бактерій. Для обробки темних шкур можна рекомендувати застосування мідного купоросу, який залишає характерний зелений відтінок, тому не рекомендується для світлих зразків [2].

Список використаних джерел

1. Zimova M. Function and underlying mechanisms of seasonal colour moulting in mammals and birds: what keeps them changing in a warming world? *Biol. Rev.* 2018. Т. 93, № 3. С. 1478–1498.
2. Пахомов О. Є., Кульбачко Ю. Л. Виготовлення зоологічних наочних посібників та наукових колекцій : навч. посіб. Дніпро : ДНУ, 2006. 312 с.
3. Péquignot A. The History of Taxidermy: Clues for Preservation. *Collections.* 2004. Т. 1, № 2. С. 135–146.

Науменко М., Новак К.

e-mail: mariia.naumenko.13@gmail.com

Дослідницький інститут і природничий музей
імені Зенкенберга, відділ генетики охорони природи, екології
протічних вод і досліджень у сфері охорони природи, Франкфурт-на-
Майні / Гельнгаузен, Німеччина¹

**ВАРІАТИВНІСТЬ ТА ДІАГНОСТИЧНА ВАГА
МАРКУВАНЬ ХУТРА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЛІСОВОГО
КОТА (*FELIS SILVESTRIS*) У КОНТЕКСТІ
АНТРОПОГЕННОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ
З ДОМАШНІМ КОТОМ (*FELIS CATUS*)
ТА АНАЛІЗУ МОРФОГЕННИХ АЛЕЛІВ**

Naumenko M., Nowak C. Variability and diagnostic value of European wildcat fur markings in the context of anthropogenic hybridisation with domestic cat (*Felis catus*) and analysis of morphogenic alleles

This study is focused on the morphometric and genetic analysis of two European wildcat populations situated in Germany and Switzerland. Because wildcats hybridise with a closely related domestic cat across their whole habitat range, evaluating the level of introgression and development of reliable non-invasive methods of hybrid identification is important.

Європейський лісовий кіт є рідкісним представником родини Котячих і одним із двох автохтонних видів цієї родини що водяться на території України, та історично був поширений по території всієї Європи. Цей вид занесено до Червоної книги України, і він підлягає II Додатку CITES.

Лісовий кіт та домашній кіт є близькоспорідненими видами, завдяки чому вони мають безбар'єрну інтерфертильність [1], яка, у свою чергу, дозволяє більшій популяції одного виду асимілювати менші популяції іншого. Там, де є просторові та трофічні ресурси для екологічного розмежування двох видів, вони добре співіснують не зливаючись, лише з окремими випадками гібридизацій, – така картина спостерігається на більшості континентального ареалу лісового kota [2]. Проте в таких ареалах, як острови чи ізольовані півострови, де мало

¹ Naturschutzgenetik, Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung, Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt/M., Gelnhausen, Germany.

ресурсів і домашній кіт значно переважає лісового в кількостях, вони асимілюються в так звані гібридні рої (hybrid swarms) [3].

Для польового моніторингу, при якому немає змоги провести генетичне дослідження для розрізнення між видами та їхніми гібридами різних поколінь, були запропоновані різні критерії та шкали [4], і розширити їх є саме задачею цього дослідження.

Метою роботи є визначити, які з усіх категоризованих морфологічних ознак є справді надійними критеріями чистокровності чи інтрогресії окремих особин, а також перевірити гомологічність алелів гена білої плямистості між двома видами.

У ході роботи було зібрано та проаналізовано 330 зразків ДНК та оброблено великий датасет фотографій особин, з яких були зібрані ці зразки. ДНК була зібрана у формі волосяних цибулин з валер'янових приманок, буккального епітелію, крові з медичних оглядів, посліду та біопсій тварин знайдених мертвими. Окрім мітохондріального гаплотипування, що використовується для оцінювання рівня інтрогресії (оцінювання кількості поколінь, що пройшли з моменту гібридизації, якщо така відбулася), окремо проведений аналіз маркерами до гена KIT (KIT proto-oncogene receptor tyrosine kinase), що в морфологічній генетиці відомий як ген білої плямистості. Оскільки певна кількість лісових котів, у тому числі тих, що не виражали інших ознак інтрогресії, мали білі плями на пальцях лап, то поставленим питанням було: "Чи є ця ознака результатом інтрогресії рецесивних алелів KIT домашнього кота, який має поширені фенотипи білої плямистості?" (рис. 1).



Рис. 1. Ознака, за якою перевірялася гомологічність алелів гена *KIT* між двома видами: фото лапок субадультної лісової кішки (угорі). Морфологічні ознаки, визначені як діагностичні (унизу)

У результаті першого етапу дослідження було встановлено, що 7 морфологічних характеристик із 16 є діагностичними для визначення і вирізнення двох видів та їх гібридів. На другому етапі дослідження було визначено, що гомозиготність у гені КІТ вища у лісових котів з білою плямистістю та домашніх котів щодо лісових котів дикого типу, але підтвердження гомологічності послідовностей КІТ у лісових котів із білою плямистістю та домашніх котів з білою плямистістю не було спостережено.

Список використаних джерел

1. Li G., Davis B., Eizirik E., Murphy W. Phylogenomic evidence for ancient hybridization in the genomes of living cats (Felidae). *Genome research*. 2015. Vol. 26. DOI: <https://doi.org/10.1101/gr.186668.114>
2. Gil J. M., Jaramillo J., Barea Azcón J. Strong spatial segregation between wildcats and domestic cats may explain low hybridization rates on the Iberian Peninsula. *Zoology*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zool.2015.08.001>
3. Macdonald D., Yamaguchi N., Kitchener A., Daniele M., Kilshaw K., Driscoll C. The Scottish wildcat: On the way to cryptic extinction through hybridisation: past history, present problem, and future conservation. *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford: Oxford University Press, 2010. P. 471–491.
4. Kitchener A. C., Breitenmoser-Würsten Ch., Eizirik E., Gentry A., Werdelin L., Wilting A., Yamaguchi N., Abramov A. V., Christiansen P., Driscoll C., Duckworth J. W., Johnson W., Luo S.-J., Meijaard E., O'Donoghue P., Sanderson J., Seymour K., Bruford M., Groves C., Hoffmann M., Nowell K., Timmons Z., Tobe S. A revised taxonomy of the Felidae. The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN. *Cat News. Special Issue*. 2017. No. 11. 80 p.

Нікітіна Є., Врублевська Ю.
e-mail: evgenianikitina16@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СУЧАСНИЙ СТАН РІЧКОВОЇ ІХТІОФАУНИ У МЕЖАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ "ПІРЯТИНСЬКИЙ"

**Nikitina Ye., Vrublevska Yu. Current State of River Ichthyofauna
within the Pyriatyn National Nature Park**

The study examines native fish diversity in the Uday River within Pyriatyn National Nature Park (Poltava region, Ukraine). Field surveys in August 2024 recorded 15 species from 5 families. Due to minimal human impact, the river's natural floodplain supports 32 fish species, highlighting its role in conserving the Dniپر basin's ichthyofauna.

Національний природний парк "Пирятинський" охоплює долину р. Удай у межах Пирятинської громади, забезпечуючи захист аборигенних риб і збереження природних комплексів.

Річка Удай (324 км) впадає в р. Сулу, її басейн охоплює 7030 км². У межах НПП "Пирятинський" русло має довжину 65 км. Завдяки відсутності меліорації в ХХ ст. заплава збереглася природною, місцями розширюючись до 2-3 км.

Метою роботи було оцінити видовий склад, поширення й чисельність риб у НПП "Пирятинський" з акцентом на види з Червоної книги України, Бернської конвенції, Оселищної директиви ЄС, а також виявити інвазійні види та їх загрозу аборигенній іхтіофауні.

У серпні 2024 р. під час щорічної літньої експедиції проведено контрольні лови мальковою сіткою та іхтіологічним сачком (вічко 5 мм). Проведено 13 ловів та відібрано 12 проб: 6 із р. Удай, 4 із р. Перевод, 2 із р. Руда. Виявлено 15 видів риб із 5 родин. Матеріал консервували у 4 % формаліні, ідентифікацію проводили за Мовчаном [Мовчан, 2011]. Найбільше представлена родина коропових (табл. 1).

Загалом виловлено 1264 екземпляри кісткових риб. У пробах кількість видів коливалась від 1 до 8. Найменше видове багатство

зафіксовано на станціях с. Давидівка (р. Руда) та с. Вечірки (р. Перевод) – по 1 виду, найбільше – на станції с. Леляки (р. Удай) – 8 видів.

Таблиця 1. Видовий склад іхтіофауни у межах НПП "Пирятинський"

№	Вид	Н, екз.	
Родина коропові – Cyprinidae Fleming			
1	Гірчак європейський	Rhodeus amarus (Bloch, 1782)	673
2	Краснопірка звичайна	Scardinius erythrophthalmus (Linnaeus, 1758)	39+1
3	В'язь європейсько-сибірський	Leuciscus idus (Linnaeus, 1758)	20
4	Пічкур звичайний	Gobio (Linnaeus, 1758)	48
5	Верховодка звичайна	Alburnus (Linnaeus, 1758)	5
6	Бобирець дніпровський	Leuciscus borystenicus (Kessler, 1859)	63
7	Вісянка неповнолінійна	Leucaspis delineatus	324
8	Плоскирка європейська	Blicca bjoerkna (Linnaeus, 1758)	6
9	Плітка звичайна	Rutilus (Linnaeus, 1758)	60+1
10	Чебачок амурський	Pseudorasbora parva (Temminck & Schlegel, 1846)	4
Родина Головешкові – (Odontobutidae)			
11	Ротань-головешка	Perccottus glenii (Dybowski, 1877)	20
Родина Окуневі – Percidae			
12	Окунь звичайний	Perca fluviatilis (Linnaeus, 1758)	1
13	Йорж звичайний	Gymnocephalus cernua (Linnaeus, 1758)	1
Родина Тріскові – Gadidae			
14	Мин річковий	Lota (Linnaeus, 1758)	1
Родина щукові – Esocidae Cuvier			
15	Щука звичайна	Esox lucius (Linnaeus, 1758)	1

На станції № 14 (Березоворудське вод-ще) відбір не проведено через висихання водойми у 2020 р. через посуху. На станціях № 15 і № 16 проби не відібрані через пересихання або заростання.

1. Проба № 1 с. Сасинівка "Гідропост" (р. Перевод), Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

2. Проба № 1а с. Сасинівка, (р. Руда), Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

3. Проба № 2 с. Сасинівка "Залізничний Міст" р. Перевод, Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

4. Проба № 3 с. Кроти (р. Удай) Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

5. Проба № 4 с. Гурбинці, (р. Перевод), Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

Таблиця 2. Розподіл та відносна чисельність дрібнорозмірного
рибного населення в межах НПП "Пирятинський"

№	Вид	Номер станції															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Rhodeus amarus	40	8	7	389	108	-	-	17	17	40	15	32	-	-	-	-
2	Scardinius erythrophthalmus	-	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-
3	Leuciscus idus	-	-	-	6	-	-	-	-	-	1	-	13	-	-	-	-
4	Gobio gobio	-	-	17	7	-	-	-	2	16	4	-	2	-	-	-	-
5	Alburnus alburnus	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
6	Leuciscus borystenicus	-	1	1	20	11	-	-	6	-	23	-	-	1	-	-	-
7	Leucaspis delineatus	1	-	23	261	-	-	-	-	38	1	-	-	-	-	-	-
8	Blicca bjoerkna	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	1	-	-	-	-	-
9	Rutilus rutilus	1	2	-	-	-	-	-	-	14	42	-	-	-	-	-	-
10	Pseudorasbora parva	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Perccottus glenii	8	4	6	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Perca fluviatilis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
13	Gymnocephalus cernua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
14	Lota lota	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Esox lucius	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

6. Проба № 4а с. Давидівка, (р. Руда), Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

7. Проба № 4б с. Вечірки, (р. Перевод), Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

8. Проба № 5 с. Кейбалівка, (р. Удай), Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

9. Проба № 6 с. Калиновий Міст, (р. Перевод), Пирятинська ОТГ, Полтавська обл.

10. Проба № 7 с. Леляки, (р. Удай), Пирятинський р-н, Полтавська область

11. Проба № 8 острів Масальський, (р. Удай), м. Пирятин, Полтавська обл.

12. Проба № 9 с. Велика Круча, (р. Удай), Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

13. Проба № 10 с. Повстинь, (р. Удай), Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

14. Проба № 11 Березоворудське водосховище, Пирятинська ОТГ, Полтавська обл. (між с. Березова Рудка та с. Вечірки).

15. Проба № 12 Сумський міст Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

16. Проба № 13 с. Дейманівка Пирятинська ОТГ Полтавська обл.

У межах НПП "Пирятинський" охоронного статусу набули гірчак європейський (*Rhodeus amarus*) і минь річковий (*Lota lota*). Гірчак, занесений до Бернської конвенції й Оселищної директиви ЄС, є численним, популяція стабільна, але потребує моніторингу в періоди зниженого кисню. Минь – рідкісний вид з Червоної книги України, трапляється рідко й потребує охорони, зокрема в зимовий період. Інші види – фонові або об'єкти любительського рибальства. Інвазійні ротань-головешка і чебачок амурський мають обмежене поширення, значної загрози не становлять, але потребують спостереження.

Список використаних джерел

1. Глотова Н., Куцоконь Ю., Подобайло А. (2012). Розподіл дрібнорозмірного рибного населення на середній течії річки Удай в межах НПП "Пирятинський". *Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка*. 2012. 61(1). С. 10-11.

2. Кошовий І., Подобайло А. Шустов А. Видове багатство та видове різноманіття риб р. Удай в межах НПП "Пирятинський". 2018. *Рибогосподарська наука України*. Вип. 4(46). С. 15-25.

3. Мовчан Ю. Риби України: визначник-довідник. Київ: Київ: Національний науково-природничий музей зоологічний музей НАН. 2011.

4. Подобайло А. Рибне населення середньої течії р. Удай. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології. Канів, Україна, 18-21 вересня 2018. с. 116. "Пирятинський". *Рибогосподарська наука України*. 2008. Вип. 4(46). С. 15-25.

Овчаренко А., Улюра Є., Кірюшин В.

e-mail: nova012006@gmail.com

Київський зоологічний парк загальнодержавного значення

**ПОРІВНЯННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
РУКОКРИЛИХ ВИДУ ВЕЧІРНИЦЯ ДОЗІРНА
(*NYCTALUS NOCTULA*), ЩО ЗИМУВАЛИ В ПРИРОДНИХ
УМОВАХ ТА В РЕАБІЛІТАЦІЙНОМУ ЦЕНТРІ
КИЇВСЬКОГО ЗООЛОГІЧНОГО ПАРКУ
ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ**

Ovcharenko A., Ulyura E., Kiriushyn V. Comparison of morphological indicators of the Noctula bat (*Nyctalus noctula*) wintering in natural conditions and in the rehabilitation center of the Kyiv Zoological Park of national importance

*Bats are an indispensable part of the planet's ecosystems. All bats of Ukraine are listed in the Red Book and require protection. Nyctalus noctula hibernate, like other insectivorous species of our climate zone. Accordingly, they are the ones most often found in rehabilitation centers. Therefore, it is important to know whether there are differences between animals that wintered in natural conditions and in rehabilitation centers. In this work, 72 individuals of *Nyctalus noctula* were studied, which were in the rehabilitation center of the Kyiv Zoological Park of National Importance from November to March. For all animals, the weight, forearm length and sex were determined. The obtained data were compared with similar ones obtained by the Ukrainian Center for Bat Rehabilitation under similar conditions.*

Кажани є незамінною частиною екосистем планети, вони регулюють чисельність комах, сприяють запиленню рослин та поширенню насіння. Усі рукокрилі України занесені до Червоної Книги й є вразливими через руйнування природних оселищ, використання пестицидів, зміни клімату та пряму загибель від діяльності людини. Тому дослідження оселищ, міграційних маршрутів, поведінки та впливу антропогенних факторів є актуальними. Вивчення особливостей життя кажанів сприяє розробці ефективних стратегій захисту цих тварин та оптимізації роботи реабілітаційних центрів, що надають допомогу рукокрилим.

Кажани виду *Nyctalus noctula* Schreber, 1780 впадають у сплячку, як і решта комахоїдних видів нашої кліматичної зони. Для них є характерним обирати для зимівлі приміщення в нежитлових спорудах, зокрема горища багатоповерхових будинків. Також *N. noctula* є одним із найчисленніших видів, що зустрічаються в містах. Імовірно, тому серед усіх видів рукокрилих, що реєструють в містах, *N. noctula* зустрічається найчастіше (Prylutska, 2023). Також саме цей вид найчастіше опиняється в реабілітаційних центрах для рукокрилих.

Метою роботи було порівняння морфологічних показників *N. noctula*, що провели зимову сплячку в природних умовах та в умовах реабілітаційного центру Київського зоологічного парку. Для цього ми виміряли вагу та довжину передпліччя 72 особин *N. noctula* (40 самців і 32 самиці), які потрапили до реабілітаційного центру наприкінці листопада 2024 р., провели зимівлю в умовах реабілітаційного центру та були повернуті на місце вилову в березні, з настанням сприятливих погодних умов. Отримані результати математично обробили та порівняли з даними, отриманими Українським центром реабілітації рукокрилих в подібних умовах (Vlaschenko, 2019).

Порівняння морфологічних показників *N. noctula*, що зимували в природних та штучних умовах, сприятиме оптимізації умов реабілітації, допоможе краще зрозуміти їх екологічні потреби та сприятиме збереженню популяції цих тварин.

Результати дослідження обговорюються і будуть представлені під час доповіді.

Роботу було виконано на базі Реабілітаційного центру для кажанів Київського зоологічного парку загальнодержавного значення.

Охріменко Л.

e-mail: lidaohrimenko@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ У СПРАВАХ З ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ В УКРАЇНІ В 2023 РОЦІ

Okhrimenko L. Priority Directions in Environmental Impact Assessment Cases in Ukraine in 2023

This study analyzes the key trends in environmental impact assessment (EIA) cases in Ukraine in 2023. It explores the implementation of EU-aligned EIA procedures in Ukraine, examines data from the national EIA register, and highlights regional patterns and legislative developments in environmental governance.

Оцінювання впливу на навколишнє середовище (ОВНС) – це оцінювання наслідків, які можуть виникнути через великий проєкт (або іншу дію), що значно впливає на навколишнє середовище. Це систематичний процес розгляду можливих наслідків до прийняття рішення про те, чи потрібно схвалювати пропозицію для продовження [1].

Мета дослідження: дослідити досвід оцінювання впливу на довкілля в країнах ЄС, проаналізувати особливості його впровадження в Україні, відстежити закономірності у справах з ОВД за 2023 рік.

Стаття 51 Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища", прийнятого в 1991 р., встановлює вимогу, що "будь-яке підприємство, установа чи організація, яка розміщує, проєктує, будує, реконструює, відновлює, вводить у дію підприємство, споруду чи інший об'єкт, а також проводить науково-дослідні роботи, які, на її думку, можуть негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища, зобов'язана подати до Міністерства охорони навколишнього природного середовища України спеціальну заяву" [4].

18 грудня 2017 р. набув чинності Закон України "Про оцінку впливу на довкілля", який запроваджує нову, більш сучасну та європейську процедуру оцінювання впливу на довкілля. Закон

класифікує дві категорії суб'єктів господарювання, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають ОВД [3]:

- **перша категорія** охоплює проекти, які потенційно мають значний вплив на довкілля і вимагають оцінювання на національному рівні. Це великомасштабні проекти, наприклад, атомні електростанції, магістральні газопроводи або видобуток корисних копалин;

- **друга категорія** включає менш масштабні проекти, які можуть мати локальний вплив на довкілля, і їх оцінювання здійснюється на регіональному рівні.

Впровадження оцінювання впливу на довкілля в Україні є важливим кроком у євроінтеграційних процесах, оскільки воно узгоджує екологічні стандарти з вимогами Європейського Союзу. Це сприяє адаптації національного законодавства до Директиви ЄС 2011/92/ЄС [2], що зміцнює правову основу для охорони навколишнього середовища. Відповідність європейським екологічним нормам підвищує інвестиційну привабливість України та сприяє глибшій економічній інтеграції з ЄС.

Єдиний реєстр з оцінювання впливу на довкілля працював до кінця 2023 р. Зараз досі є можливість ознайомлення з окремими справами, але узагальненої статистики по всьому реєстру у воєнний час не робили, як це було наприклад за 2017 рік [5]. Доступ до великої кількості екологічних даних наразі відсутній або обмежений (у т. ч., для реєстру ОВД) [6].

Аналізуючи доступні дані по реєстру з ОВД за I півріччя 2023 р., окрім тимчасово окупованих АР Крим та Луганської обл., де відсутні дані по реєстру за цей проміжок часу, по всій території України можна зробити такі висновки:

Загальна кількість розглянутих справ по всіх регіонах – 496.

Сумарно по двом категоріям, існують 62 види справ. Найчастіше зустрічаються види справ другої категорії: 4.2 (поверхнєве та підземне зберігання викопного палива), 3.1 (видобування корисних копалин, крім корисних копалин місцевого значення), 14 (розширення та зміни, включаючи перегляд або оновлення умов провадження планованої діяльності), 4.1 (зберігання та переробка вуглеводневої сировини), 3.2 (перероблення корисних копалин, у т. ч.

збагачення), що зображено у відсотковому співвідношенні на рис. 1 у вигляді колової діаграми. Ці дані свідчать про поширення застосування висновків з ОВД в Україні найчастіше в галузі видобутку, обробки та зберігання корисних копалин.

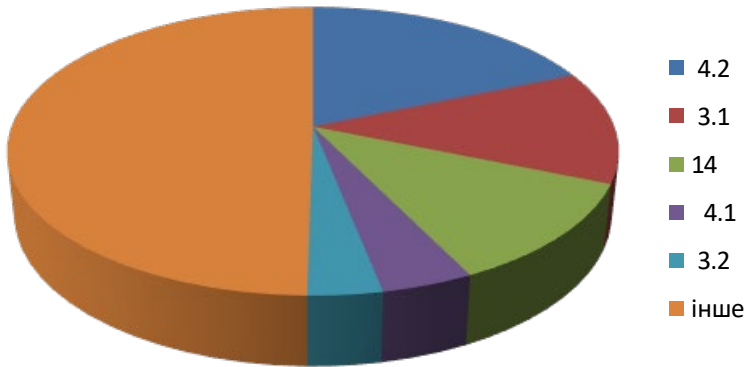


Рис. 1. Відсоткове співвідношення поширеності видів справ

Найбільше справ у Львівській обл. (12,09 %), найменше – у Донецькій та Запорізькій (>0,5 %), тому що в обох областях всього зареєстровано по дві справи за цей період, що ймовірно пов'язано з тим, що більша частина їх територій не підконтрольна Україні.

Список використаних джерел

1. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect / S. Jay et al. Environmental Impact Assessment Review. 2007. Vol. 27, N 4. P. 287–300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2006.12.001>
2. Про оцінювання впливу деяких публічних і приватних проєктів на довкілля (кодифікація) : Директива від 13.04.2011 № 2011/92/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_022-11#Text
3. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII : станом на 15 лист. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
4. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII: станом на 15 лист. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
5. Розгорнута статистика реєстру ОВД до річниці набуття чинності Закону України "Про оцінку впливу на довкілля" – SaveEcoBot. Єдина в

України екологічна система – SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/rozgornuta-statistika-reyestru-ovd-do-richnici-nabuttya-chinnosti-zakonu-ukrayini-pro-ocinku-vplivu-na-dovkilliya>

6. Стан доступу до екологічної інформації в формі відкритих даних в Україні – SaveEcoBot. Єдина в Україні екологічна система – SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/static/environmental-data-status> (дата звернення: 01.04.2025).

Семілетов С.

e-mail: stas_semiletov@knu.ua

Навчально-науковий інститут журналістики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЦИСПЛАТИН ЯК КСЕНОБІОТИК ТА ЙОГО КРУГООБІГ У ДОВКІЛЛІ, МОРАЛЬНА ДИЛЕМА МЕЖІ МІЖ КОРИСТЮ ТА ШКОДОЮ

Semiletov S. Cisplatin as a xenobiotic and its environmental cycle, a moral dilemma between benefit and harm

Platinum-based cytotoxic anticancer drugs and other xenobiotics entering wastewater pose a threat to the environment. Current research highlights the importance of effective removal of xenobiotics by improving wastewater treatment strategies.

Помітний прогрес у лікуванні різноманітних хвороб та збільшення кількості ліків, доступних для пацієнтів, дедалі більше залишають відбиток на навколишньому середовищі. Були проведені дослідження стічних вод лікарень, очисних споруд та річкових вод шляхом поєднання аналізу кількісної концентрації 58 фармацевтичних сполук та оцінювання ступеня їх внеску як джерел навантаження на екосистему [1]: виявлено 48 фармацевтичних сполук у діапазоні від 1 нг/л (лозартанкарбонова кислота) до 228 мкг/л (ацетамінофенсульфат) у лікарняних стоках, а внесок забруднення в очисних спорудах від лікарняних стоків оцінювався в діапазоні від 0,1 % до 15 %.

Цисплатин є найпоширенішим стандартним компонентом для поліхіміотерапевтичних схем лікування різноманітних типів раку. Цитотоксичні протипухлинні препарати на основі платини потрапляють у водне середовище в основному з міськими відходами через екскрецію амбулаторних пацієнтів, які проходять курс хіміотерапії [2]. Наявні дослідження показують, що цисплатин викликає індивідуальні та субіндивідуальні впливи на деякі види водних безхребетних та риб (дафніди, рибка даніо *Danio rerio*). При використанні даних про забруднення стічних вод експериментах та подальших розрахунках були отримані високі значення коефіцієнтів ризику (>100) для цисплатину [3, 4].

Додавання цисплатину в концентраціях, що були виявлені в пробах стічних вод та очисних споруд, до культури *Chlorella vulgaris* (прісноводної мікроводорості, яка використовується як чудова водна модель для оцінювання токсичності) спричиняє токсичну дію на клітини водоростей через взаємодію з ДНК, утворення вільних радикалів (таких як активні форми кисню), перекисне окислення ліпідів і пошкодження клітинної стінки [5].

З огляду на вищезазначене, логічною є дилема – де межа між користю та шкодою? Можна визначити такі аспекти:

- цінність – індивідуальне життя, гідність, право на лікування або колективне благо та стає майбутнє;
- часова шкала – негайний (короткостроковий) порятунок людини або довготривалі наслідки;
- незворотність – втрата пацієнта або частково зворотне (при втручанні) забруднення;
- пошук альтернативи – обмежені альтернативи в лікуванні або стратегії очищення та фільтрації.

Підходи щодо розв'язання дилеми можуть бути різними. З точки зору утилітаризму, цисплатин слід використовувати, якщо він рятує більше життів, ніж завдає шкоди довкіллю. З точки зору деонтології, обов'язок лікаря – лікувати, обов'язок суспільства – дбати про природу, тобто відповідальність має бути розподілена. А з точки зору екоцентризму, довкілля має власну вищу цінність, тому навіть "цілюща отрута" має використовуватися з розумом і мусить бути контрольованою. З огляду на ці три парадигми, компромісом мають

стати впровадження екологічно-безпечних практики в лікарнях, інвестувати в технології очищення стічних вод та стимулювати науковців до створення менш токсичних аналогів.

Таким чином, фармацевтичне забруднення становить глобальну загрозу навколишньому середовищу та здоров'ю людей. Результати різноманітних досліджень підкреслюють важливість ефективного видалення ксенобіотиків шляхом вдосконалення стратегій очищення стічних вод та необхідність проведення подальших досліджень щодо несприятливих довгострокових ефектів цитостатиків у водній біоті як наслідок пошкодження генетичного матеріалу у високочутливих видів.

Список використаних джерел

1. Environmental fate of pharmaceutical compounds and antimicrobial-resistant bacteria in hospital effluents, and contributions to pollutant loads in the surface waters in Japan / T. Azuma et al. *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 657. P. 476–484. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.433>
2. Turner A., Mascorda L. Particle–water interactions of platinum-based anticancer drugs in river water and estuarine water. *Chemosphere*. 2015. Vol. 119. P. 415–422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.074>
3. The antineoplastic drugs cyclophosphamide and cisplatin in the aquatic environment – Review / V. Queirós et al. *Journal of Hazardous Materials*. 2021. Vol. 412. P. 125028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.125028>
4. Environmental risk assessment of widely used anticancer drugs (5-fluorouracil, cisplatin, etoposide, imatinib mesylate) / M. Mišík et al. *Water Research*. 2019. Vol. 164. P. 114953. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114953>
5. Evaluation of toxic effects of platinum-based antineoplastic drugs (cisplatin, carboplatin and oxaliplatin) on green alga *Chlorella vulgaris* / S. Dehghanpour et al. *Aquatic Toxicology*. 2020. Vol. 223. P. 105495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105495>

Сокрута В., Ляшенко В.

e-mail: sokrutanika@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ У МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ЕКОЛОГО-САНІТАРНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Sokruta V., Lyashenko V. Assessment of the water quality of the Southern Bug River within the Vinnytsia region according to ecological and sanitary criteria

The aim of the study was to assess the water quality of the Southern Bug River within the Vinnytsia region by comparing the measured parameters with national standards and reference values, as well as to assess the ecological state of the river. Even though the results were within the normal range, the river is in an unsatisfactory ecological condition. In June, the concentrations of some substances, including phosphorus phosphates, exceeded the reference levels by up to eight times. Such significant deviations indicate ecosystem degradation, intense anthropogenic pressure, reduced biodiversity and deterioration of the oxygen regime.

Для більшості регіонів України характерне погіршення якості водних ресурсів через антропогенне навантаження: скиди промислових стічних вод, застарілі очисні споруди, відсутність санітарної охорони та активне сільське господарство [1]. Особливо актуально це для р. Південний Буг, яка є важливим джерелом водопостачання, рекреації та середовищем існування водної фауни. Екологічне оцінювання якості води дозволяє вчасно виявити забруднення, запобігти деградації екосистеми та зберегти біорізноманіття.

Мета дослідження – проаналізувати основні гідрохімічні параметри якості води в р. Південний Буг у межах Вінницької обл., порівняти отримані дані з відповідними ГДК та референційними значеннями, а також оцінити екологічний стан досліджених масивів поверхневих вод.

Відбір проб здійснювали на базі Державної екологічної інспекції у Вінницькій області в червні–липні 2024 року. Було проаналізовано вісім проб води з п'яти створів. Проби відбирали

на глибині 0,5 м і на відстані приблизно 1,5 м від берега. Гідрохімічний аналіз проводили відповідно до встановлених методик [2, 3]. Визначали вміст розчинених у воді нітрогену амонійного, нітратного, нітритного, сульфатів, фосфатів, хлоридів, а також хімічне споживання кисню, температуру води та вміст розчиненого кисню. Порівняння отриманих результатів із референційними значеннями вмісту сполук Нітрогену та Фосфору у воді р. Південний Буг проводили відповідно до [4].

Порівняння отриманих результатів із нормативами ГДК вказує, що усі досліджувані показники їх не перевищували. Проте привертає увагу вміст розчиненого кисню у червні у створах № 1 і № 3 (1,82 і 2,1 мг/дм³, відповідно) – такий вміст кисню у воді є низьким, що може вказувати на органічне забруднення води. Також у липні зафіксовано дуже високу температуру води (29–30,7 °C), що може бути ознакою кліматичних змін.

Порівняння отриманих результатів із референційними значеннями для р. Південний Буг вказує на значні перевищення за більшістю показників. У червні найбільші перевищення зафіксовані у водозаборі № 1 – амоній на 520 %, фосфати на 800 %; у водозаборі № 3 – амоній на 400 %, фосфати на 725 %. У липні, незважаючи на загальне покращення, фосфати у створах № 3, № 4 і № 5 перевищували референційні показники на 175 %, 175 % і 160 % відповідно, а нітрати – на 136 %

Оцінювання якості води за еколого-санітарними критеріями вказує на значно гірший стан досліджених масивів поверхневих вод у червні, ніж у липні (табл. 1). У червні в усіх трьох водозаборах концентрації Нітрогену амонійного та нітратного відповідали "задовільному" і "поганому" екологічному стану; вміст фосфатів вказував на стан від "задовільного" до "дуже поганого". Концентрація хлоридів відповідала "задовільному" стану, а розчинений кисень у двох створах свідчив про "дуже поганий" стан.

У липні зафіксовано покращення якості води: вміст Нітрогену амонійного знизився до рівня "доброго" стану в усіх точках відбору; нітрити відповідали "доброму" та "задовільному" стану. Рівень нітратів залишався стабільно високим, а фосфати відповідали "доброму" та "задовільному" стану, з "відмінним"

станом у першому водозаборі. Найбільш позитивні зміни спостерігалися за вмістом розчиненого кисню: усі створені точки відповідали "відмінному" екологічному стану, що свідчить про покращення кисневого режиму водойми, та може вказувати на зниження рівня органічного забруднення води.

Таблиця 1. Оцінювання стану масивів поверхневих вод у червні-липні 2024 р. за еколого-санітарними критеріями

Червень					
Показник	Водозабір № 1	Водозабір №2	Водозабір №3		
Азот амонійний мг/дм³	п	п	з		
Азот нітратний (NO3-) мг N/дм³	п	п	п		
Азот нітритний (NO2-) мг N/дм³	д	з	д		
Сульфати мг/дм³	в	в	в		
Фосфор фосфатний мг P/дм³	дп	з	п		
Хлориди мг/дм³	з	з	з		
Розчинений кисень мг O2/дм³	дп	-*	дп		
Липень					
Показник	Водозабір № 1	Водозабір №2	Водозабір №3	Водозабір №4	Водозабір №5
Азот амонійний мг/дм³	д	д	д	д	д
Азот нітратний (NO3-) мг N/дм³	п	п	п	п	п
Азот нітритний (NO2-) мг N/дм³	д	д	д	д	з
Сульфати мг/дм³	в	в	в	в	в
Фосфор фосфатний мг P/дм³	в	з	з	д	д
Хлориди мг/дм³	з	з	з	з	з
Розчинений кисень мг O2/дм³	в	в	в	в	в
-* у червні 2024 року не проводилось вимірювання розчиненого кисню у воді у другому водозаборі					

З отриманих даних можна зробити висновок, що попри відповідність нормативам ГДК, є свідчення незадовільного екологічного стану р. Південний Буг. Хоча всі досліджені показники відповідали межах ГДК, вони суттєво перевищували референційні значення. Особливої уваги вимагає ситуація у червні, коли концентрація окремих речовин перевищувала референтні межі в 8 разів. Можна стверджувати, що р. Південний Буг фактично перебуває у зміненому стані, не властивому її природним умовам.

Список використаних джерел

1. Holovatiuk L., Bondar O., Kratko O. Danger and consequences of water pollutionfor the human body. Ecological Sciences. 2023. No. 5. P. 174–178. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.25>

2. Настанови щодо методів відбирання проб. ДСТУ ISO 5667-2:2003. Ч. 2. Вид. офіц. Київ, 2004. 13 с.

3. Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Гідросфера. Відбір проб для визначення складу і властивостей стічних та технологічних вод. КНД 211.1.0.009-94. Основні положення. Чинний від 1995-07-01. Вид. офіц.

4. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної рамкової Директиви Р ЄС / за ред. С.О. Афанасьєва. Київ, 2012. 28 с.

Терех Д., Розанов О.

e-mail: terex.dasha@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПРОЄКТОВАНІЙ ЛАНДШАФТНИЙ РЕГІОНАЛЬНИЙ ПАРК "ЩИРЕЦЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ"

Terekh D., Rozanov O. Design of the shchyrets reservoir landscape regional park

The study substantiates the creation of a regional landscape park within the Shchyrets Reservoir area (Lviv region), which includes aquatic zones, wetlands, meadows, and forest fragments. The mosaic structure of habitats supports high species diversity, with 164 animal species identified through field studies and open databases. Zoning was proposed according to Ukrainian environmental legislation, outlining protected, recreational, and economic areas. The territory holds strong potential for biodiversity conservation, scientific research, and sustainable nature use.

Львівська область характеризується змішаним фауністичним складом, що поєднує елементи східноєвропейських, західноєвропейських, середземноморських та гірських фаун. Загалом на її території виявлено 340 видів хребетних тварин, серед яких: риби (47 видів), земноводні (15 видів), плазуни (8 видів), птахи (199 видів), ссавці (71 видів) [1].

Метою цієї роботи є обґрунтування створення регіонального ландшафтного парку "Щирецьке водосховище", визначення природоохоронного значення даної території, її біотичного різноманіття та функціонального зонування відповідно до вимог чинного природоохоронного законодавства України.

Проектована територія охоплює водно-болотні угіддя, акваторію водосховища, прибережні смуги, лучні й заболочені ділянки, а також частину лісового масиву, що формують мозаїчний ландшафт з багатим видовим складом. Завдяки різноманітності природних умов тут формується висока щільність біотичних зв'язків, що потребують охорони.

Проектована територія ландшафтно-регіонального парку "Щирецьке водосховище" розташована в межах Львівської обл. Вона охоплює акваторію водосховища, прибережні смуги, заболочені ділянки, лучно-степові фрагменти та частину лісового масиву, формуючи різноманітні біотопи з високою екологічною цінністю [2]. Ця мозаїчність середовищ сприяє збереженню значного рівня видового різноманіття.

Загалом на території, запропонованій до створення РЛП, було виявлено 164 види тварин, ідентифікованих за результатами власних досліджень, літературних джерел та відкритих баз даних INaturalist, UKRBin і GBIF. Територія є перспективною для подальших досліджень біорізноманіття.

Згідно зі ст. 24 Закону України "Про природно-заповідний фонд України" на території регіональних ландшафтних парків з урахуванням природоохоронної, оздоровчої, наукової, рекреаційної, історико-культурної та інших цінностей, проводиться зонування з урахуванням вимог, встановлених для територій національних природних парків [3]. У межах створення регіонального ландшафтного парку "Щирецьке водосховище" було запропоновано чотири функціональні зони: заповідну, регульованої рекреації, стаціонарної рекреації та господарську. До заповідної зони рекомендовано включити гирла річок Щирка, Малечковича й Ковир, які впадають у водосховище. Загальна площа заповідної зони становить 26,70 га, що відповідає 16 % території РЛП. Головний масив водного дзеркала водосховища та переважна частина берегових ділянок належать до зони регульованої рекреації, яка становитиме 65 % від території РЛП площею 107,32 га. До зони стаціонарної рекреації належать прибережні ділянки спортивних шкіл, баз відпочинку та рятувальної станції, що становлять 13 % від території РЛП площею 21,34 га. До господарської зони належить канал насосної станції та 50 м прилеглої акваторії, а також 50 м акваторії

верхнього б'єфу земляної та водозливної греблі, мости та споруди, що становить 6 % території РЛП площею 9,14 га.

Таким чином, територія Щирецького водосховища є перспективною для створення регіонального ландшафтного парку завдяки поєднанню унікальних біотичних угруповань, наявності рідкісних та зникаючих видів, а також потенціалу для екологічної освіти й сталого природокористування. Реалізація проєкту створення РЛП дозволить підвищити рівень охорони природи на локальному рівні, сприятиме збереженню цінних природних комплексів, розширенню мережі ПЗФ України та формуванню умов для розвитку рекреаційної інфраструктури з екологічним спрямуванням.

Список використаних джерел

1. Науково-технічний звіт з комплексної оцінки стану екосистеми Щирецького водосховища у Львівському районі Львівської області в рамках проєкту "Забезпечення чистоти Щирецького водосховища", Львів, 2024.

2. Ю. Андрейчук, В. Біланюк, О. Бота та ін. / за заг. ред. Є. Іванова та О. Пилипович. *Геоекологія Щирецького водосховища*: монографія Львів: Простір-М, 2024. 116 с

3. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 № 2456-ХІІ: станом на 4 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>

Терещенко О.

e-mail: alextom4392@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ВИНОГРАДУ У ПІВНІЧНИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ

Tereshchenko O. Current status and climatic adaptation of viticulture in Northern Ukraine

The study highlights significant transformations in the geographic distribution and diversity of grape varieties, emphasizing the potential of cultivating grapes in Northern Ukraine due to climate change. With higher sums of active temperatures, the growing season now supports the cultivation

of early-maturing and frost-resistant grape varieties, relying on sufficient heat, extended frost-free periods, optimal moisture, and the careful selection.

Сучасний стан виноградарства демонструє значні зміни як у географічному розташуванні виноградників, так і в різноманітності сортів. Сьогоденний сортовий асортимент винограду має широкий потенціал і здатний проявляти свої генетичні та біологічні особливості в різних кліматичних умовах, зокрема на Півночі України.

Дослідження 30-річного періоду спостережень за погодою в північних регіонах показали, що середньорічна температура повітря у 1991–2018 роках зросла на 1,2 °C порівняно з кліматичною нормою 1961–1990 років, при цьому середнє зростання становить 0,4 °C за кожне десятиліття. Найбільші зміни зафіксовані взимку (+1,7 °C), тоді як осіння температура змінювалася найменше (+0,5 °C). Максимальні й мінімальні температурні показники також підвищилися, особливо в зимові місяці (січень: +3,3 °C). Такі зміни спричинили скорочення тривалості холодного періоду року, збільшення кількості теплих днів, а також поширення аномальних погодних явищ [1].

Розвиток виноградарства на півночі України має вагомі підстави завдяки сприятливим кліматичним характеристикам регіону, які сформувалися завдяки зміні клімату. Наразі клімат тут помірно-континентальний, з прохолодними зимами, теплим літом і достатньою кількістю опадів. За багаторічними спостереженнями, середньорічна температура становить +6,6 °C; найхолоднішим місяцем є січень (–7,7 °C), а найтеплішим – липень (+19,2 °C). У літній період максимальні температури можуть досягати +39,9 °C. Одним із ключових факторів, що обмежує вирощування винограду, залишається забезпечення теплом. У регіоні сума активних температур сягає 2800 °C, а безморозний період триває 160–185 днів. Річна кількість опадів коливається в межах 440–820 мм, причому більша частина припадає на вегетаційний період. Зима характеризується стійким сніговим покривом і відносно помірними морозами. Проте існує ризик виникнення екстремальних погодних явищ, таких як аномально високі або низькі температури, зміни вологості та сильні вітри [3].

Практика доводить, що теплолюбні сорти винограду, не адаптовані до місцевих умов, піддаються впливу несприятливих біотичних і абіотичних факторів, відчувають стрес і потребують додаткових заходів захисту, таких як укриття [2]. Виноградний агроценоз являє собою складну екосистему, до складу якої входять популяції рослин, комах, кліщів та мікроорганізмів, що тісно взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем [3].

Лівобережне Полісся є перспективним регіоном для вирощування як столового, так і технічного винограду. Основний фактор для успішного вирощування у цьому регіоні – теплозабезпеченість (сума активних температур понад +10 °С). Спостереження показують, що з 1990 р. сума активних температур у південному Поліссі зросла з 2600 °С до 2800–3000 °С, а зимові температури стали менш суворими, що відкриває можливості для вирощування ранніх сортів. За прогнозами, через 10–15 років клімат Київщини може бути схожим на клімат Одеси [4].

У табл. 1 представимо найперспективніші сорти винограду для вирощування у Північних областях України.

Таблиця 1. Найперспективніші сорти винограду для північних регіонів України

Сорт винограду	Основні характеристики	Кліматичні вимоги
Монарх	Ранній, вага грона 400–500 г, стійкий до морозів і хвороб.	Сума температур: 2600–2800 °С.
Кишмиш Століття	Безнасінний, цукристість 20 %, не потребує укриття.	Морозостійкість: до –24 °С.
Дубовський рожевий	Ранній, вага грона 700–800 г, витримує до –27 °С.	Відкритий ґрунт, без укриття.
Ювілей Новочеркаська	Вага грона до 900 г, висока цукристість.	Сума температур: 2800–3000 °С.
Маркетт	Технічний сорт, високий рівень цукронакопичення.	Підходить для виробництва вина.

Отже, можна стверджувати, що вирощування винограду в північних областях України стає реальністю завдяки зміні клімату, зокрема підвищенню температури та збільшенню суми

активних температур. Основними чинниками, які сприяють успішному культивуванню винограду, є достатня теплозабезпеченість (сумарна температура понад +10 °C), тривалість періоду без заморозків (160–185 днів), оптимальна кількість опадів (440–820 мм на рік) та висока морозостійкість обраних сортів. Важливу роль відіграють також властивості ґрунту та локальні мікрокліматичні умови.

Список використаних джерел

1. Балабух В., Лавриненко О., Довгаль Г. Мінливість та зміна клімату в північному регіоні України у другій половині XX та до середини XXI століття. *VIII міжнародна наукова конференція "Актуальні проблеми дослідження довкілля"*. Суми, 24-26 травня 2019, Україна. URL: https://www.researchgate.net/publication/333579065_Minlivist_ta_zmina_klimatu_v_pivnicnomu_regoni_Ukraini_u_drugij_polovini_XX_ta_do_seredini_XXI_stolitta (дата звернення: 29.03.2025).

2. Ласкавий В., Кузьменко О. та Гетьман Н. Адаптаційний потенціал технічних сортів винограду в умовах південноукраїнського Степу. *Передгірне та гірське землеробство та тваринництво*. 2020. №68-1. С. 125–134. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-1-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-1-9)

3. Сорти винограду, придатні для вирощування в умовах Лівобережного Полісся. *Журнал "Садівництво"*. 2023. URL: <https://techhorticulture.com/sorty-vynogradu-prydatni-dlya-vyroshhuvannya-v-umovah-livoberezhnogo-polissya/>

4. Татарінова В. І., Власенко В. А., Бурдуланюк А. О., Бакуменко О. М., Деменко В. М., Ємець О. М., Рожкова Т. О., Сахошко М. М. Вплив агроєкологічних чинників на фітосанітарний стан виноградних агроценозів в умовах північно-східного лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія Агрономія і біологія*. 2022. №48 (2). С. 155–164. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.21>

Український К., Казанник В.

e-mail: ukrainskijkostantin@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОРНІТОФАУНИ ПАРКІВ МІСТА БРОВАРИ

Ukrainskij K., Kazannyk V. Ecological analysis of the bird fauna of Brovary city parks

A thorough study of the bird fauna of Brovary parks was carried out in 2023-2024. The observation resulted in a comprehensive species inventory that documented the presence and behaviour of various bird species in the city's parks. In addition, ecological groups were identified based on biotopic distribution and nest-building preferences, which provided a more detailed understanding of the ecological dynamics of the bird community.

На сьогодні в Україні налічується й описано 424 види птахів, серед них частина є рідкісними залітними, у тому числі 18 видів відомі лише за згадкою в літературі [3].

З постійними змінами навколишнього середовища, які викликані урбанізацією, що безпосередньо впливає на птахів, змінюється видовий склад, структура населення птахів та екологічні особливості їх популяцій. Птахи можуть бути найбільш чутливими індикаторами стану навколишнього природного середовища. Це стосується як звичайних, поширених видів, так і рідкісних [1, 2]. На даному етапі для розуміння та прогнозування процесів і явищ, що відбуваються в урбанізованому середовищі, а також для припинення та попередження негативного впливу антропогенних факторів, необхідне поглиблене вивчення екосистем та їх окремих компонентів, у тому числі такого мобільного компоненту, як птахи.

Сучасні дані щодо складу й екологічних груп орнітофауни міста Бровари є фрагментарними, ці відомості фактично не представлені у літературних джерелах, а дослідження птахів проводили переважно у великих парках та не охоплювали парки меншого розміру. Таким чином, метою дослідження було з'ясувати та узагальнити видовий склад птахів не лише

найбільших парків "Приозерний" та "Перемога", а й інших менших за розмірами парків та визначити розподіл за екологічними групами орнітофауни досліджуваної території.

Матеріалом для проведеного дослідження слугували польові спостереження у періоди гніздування, зимівлі та міграції, здійснені в 2023-2024 рр. у парках "Приозерний", "Перемога", "імені Т.Г. Шевченка", "Слави", "Сосновий", "Талісман". Дані за 2007–2014 рр. по парку "Приозерний" з орнітологічного блогу орнітолога-аматора Віталія Хусточки; спостереження за 2009–2022 рр. орнітолога-аматора, Олександра Бобка по обох парках, отримані у форматі особистого повідомлення; спостереження за 2015–2023 рр. у парку "Перемога", розміщені у соціальній мережі "Фейсбук".

Під час дослідження використовували метод маршрутного обліку з комбінацією точковими спостереженнями [6]. Спостереження проводили в середньому по 3 год на добу, у ранковий час – з 6 по 8 год, та у вечірній час з 18 до 20 год під час найвищої активності птахів. Відносні обліки проводили не рідше одного разу на тиждень. Птахів було враховано візуально і по голосах.

Візуальні спостереження проводили за допомогою бінокля (зі збільшенням 2.5x) 24–60, вокалізацію реєстрували за допомогою мобільного телефону та визначали у спеціальних застосунках "Птахи України", BirdNET та Merlin, місця знахідок реєстрували у застосунку iNaturalist. Для визначення птахів використовували польовий визначник "Птахи фауни України" [4]. Обробку результатів було проведено за допомогою програми Microsoft Excel.

Було проаналізовано спостереження найближчих років та складено список видів, що зустрічаються в парках м. Бровари. Систематичний порядок, українські та латинські назви, а також характер перебування птахів наведено за "Анотований список українських наукових назв птахів фауни України..." [3].

За результатами аналізу даних, зібраних нами під час обліків за допомогою додатків, було визначено, що загалом орнітофауна парків міста Бровари представлена 65 видами, які належать до 12 рядів і 28 родин. Найбільш численним є ряд Горобцеподібні (Passeriformes) – 39 видів (60 % від загальної кількості видів); інші ряди представлені меншою мірою, зокрема, Гусеподібні (Anseriformes) – 5 видами (7,7 %),

Соколоподібні (Falconiformes) та Дятлоподібні (Piciformes) – 4 видами (6,1 %), далі частка участі представників окремих рядів у населенні птахів стає нижчою 5 % (рис. 1).

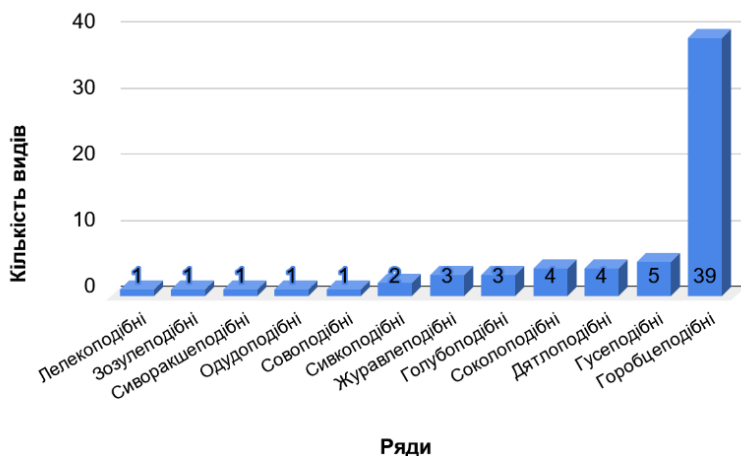


Рис. 1. Видова представленість рядів птахів парків м. Бровари протягом року

За способом живлення птахів було поділено на всеїдних (поліфагів), комахоїдних (ентомофагів), рослиноїдно-комахоїдних (фітофаго-ентомофагів), рослиноїдних (фітофагів), хижих та рибоїдних (іхтіофагів) [5].

Найбільше зустрічається поліфагів – 21 вид, а саме варто виділити представників ряду Горобцеподібні, зокрема, це ворона сіра (*Corvus cornix*), галка (*Corvus monedula*), грак (*Corvus frugilegus*), дрозди чорний (*Turdus merula*), співочий (*Turdus philomelos*) і чикотень (*Turdus pilaris*), повзик, вільшанка (*Erithacus rubecula*), представники ряду Журавлеподібні, зокрема, лиска та пастушок (*Rallus aquaticus*), а також представники інших рядів, зокрема, крижень, дятел звичайний (*Dendrocygus major*) та ін.

Ентомофагами є 12 видів, більшість з ряду Горобцеподібні, зокрема підкоришник звичайний, плиска біла (*Motacilla alba*), мухоловки строката (*Ficedula hypoleuca*) та білошия (*Ficedula albicollis*), синиці блакитна (*Parus caeruleus*) та велика (*Parus*

major), вівчарик-ковалик (*Phylloscopus collybita*), золотомушка жовточуба (*Regulus regulus*), очеретянка велика та ін.

Фітофаго-ентомофагів, налічується 13 видів. В основному це представники ряду Горобцеподібні, зокрема, шпак звичайний, зяблик (*Fringilla coelebs*), омелюх, синиця чорна (*Parus ater*), волове очко (*Troglodytes troglodytes*), горихвістка чорна, а також птахи ряду Дятлоподібні, зокрема, дятел сирійський (*Dendrocopos syriacus*).

До фітофагів належать 9 видів, а саме: всі виявлені представники ряду Голубоподібні, зокрема голуб сизий та горлиця садова (*Streptopelia decaocto*); птахи ряду Горобцеподібні, зокрема, горобці хатній та польовий, снігур, щиглик (*Carduelis carduelis*) та чиж (*Spinus spinus*).

Хижих птахів налічується 6 видів. До таких можна віднести сорокопуда тернового (*Lanius collurio*), сову сіру (*Strix aluco*) та всіх представників ряду денних хижих птахів – яструбів великого (*Accipiter gentilis*) та малого (*Accipiter nisus*), канюка звичайного (*Buteo buteo*), боривітра звичайного.

Іхтіофагами є 4 види птахів: бугайчик (Лелекоподібні), крех середній (*Mergus serrator*, Гусеподібні), крячок річковий (Сивкоподібні), рибалочка (Сиворакшеподібні) (рис. 2).

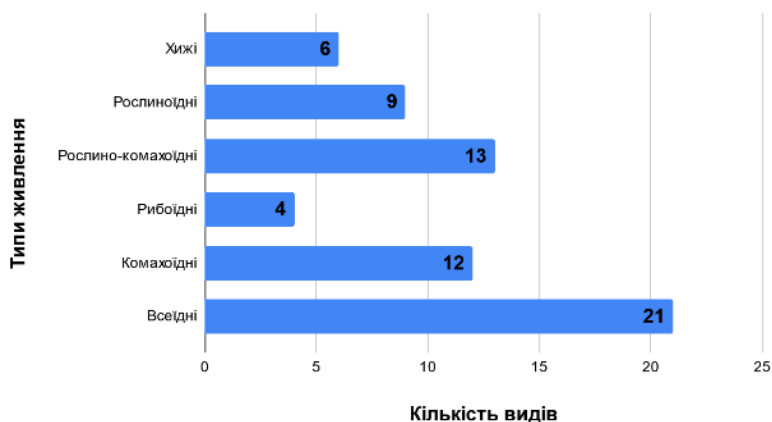


Рис. 2. Екологічні групи птахів парків м. Бровари за типом живлення

За місцем гніздування птахів досліджуваних парків можна віднести до таких екологічних груп: кроніві (Кр); чагарникові (Ч); приземно-чагарникові (Пр-ч); птахи, що будують свої гнізда в приземній рослинності на висоті до 0,5 м; дуплогніздні (Д); наземногніздові (Н); птахи, що будують свої гнізда безпосередньо використовуючи верхній шар ґрунту; норногніздні (Норн); птахи, що будують гнізда використовуючи антропогенні споруди (АС) [5].

Зважаючи на місця спостережень, прогнозовано найбільш представленими серед екологічних груп є кроніві види – 21, дещо менше дуплогніздних – 14 видів; ці групи – найбільш численні. Кронівими є переважно представники Горобцеподібних та більшість денних хижих птахів. Дуплогніздними є, зокрема, такі характерні лісові птахи, як дятел звичайний, шпак звичайний, синиці блакитна та велика, повзик і підкоришник звичайний. Приземно-чагарникові та чагарникові птахи налічують по 8 та 5 видів відповідно і, зокрема, представлені крижнем, лискою, очеретянкою великою та щигликом, сорокопудом терновим, воловим очком, відповідно. До наземногніздних належать різноманітні види, головним чином представники рядів Гусеподібні, Журавлеподібні, Сивкоподібні, невелика кількість Горобцеподібних. Норногніздні види (1) та ті, що гніздяться на антропогенних спорудах (7), представлені рибалочкою та голубом сизим, галкою, горобцями хатнім і польовим, горихвісткою чорною, пліскою білою та боривітром звичайним, відповідно.

Інші 6 видів не гніздяться у парках міста, у тому числі це такі типові зимівники, як снігур та омелюх. Останній взагалі не гніздиться на території України (рис. 3).

Отримані нами дані відкривають значні перспективи як для теоретичного, так і для практичного застосування. Більше того, здобута інформація дозволяє розробляти ефективні природоохоронні та біотехнічні заходи, зокрема, у міських парках та інших зелених зонах, враховуючи особливості тих чи інших екологічних груп птахів.

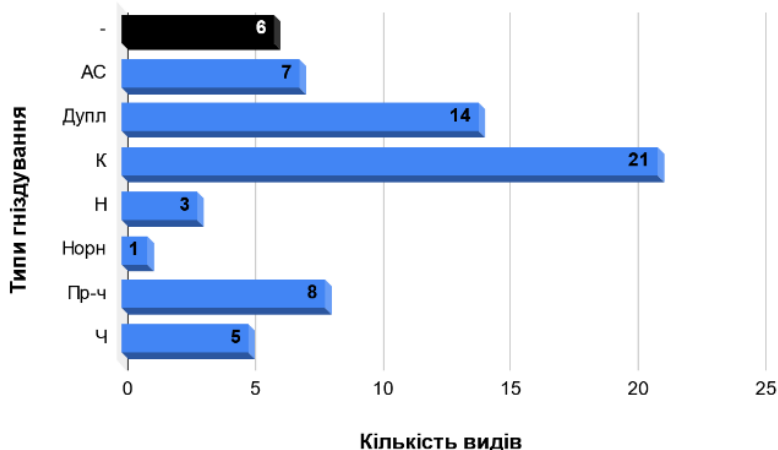


Рис. 3. Екологічні групи птахів парків м. Бровари за розташуванням гнізда

Список використаних джерел

1. Вергелес Ю.И. К созданию системы регионального экологического мониторинга и о месте в ней охраняемых природных территорий : мат-ли І-ї конф. мол. орнітологів України (Луцьк, 4-6 березня 1994 р.). Чернівці, 1994. С. 150–152.
2. Збереження домівки для птахів та всього біорізноманіття. Листівка. Київ : Укр. тов-во охорони птахів, 2002. 24 с.
3. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Анотований список українських наукових назв птахів фауни України (з характеристикою статусу видів). Видання 3-тє, доп. Київ-Львів, 2007. 112 с.
4. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Птахи фауни України : польовий визначник. Київ : Укр. тов-во охорони птахів, 2002. 416 с.
5. Чаплигіна, А. Б. Еколого-фауністичний аналіз орнітофауни урболандшафтів на прикладі Журавлівського гідропарку м. Харків. *Природничий альманах. Серія: Біологічні науки*. 2010. № 14. С. 187–199.
6. Colin Bibby, Martin Jones and Stuart Marsden. Expedition Field Techniques. Bird Surveys. London : Geography Outdoors, 1998. 134 p.

Шевчук В., Шорохов О., Некрасова О., Марущак О.
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
e-mail: shevchukveronika927@gmail.com

ПОЛЬОВА ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГІС-МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗОВАНОЇ ПІВНІЧНОЇ МЕЖІ ПОШИРЕННЯ ЯЩІРКИ ЗЕЛЕНОЇ (*LACERTA VIRIDIS*)

Shevchuk V., Shorokhov O., Nekrasova O., Marushchak O. Ground verification of GIS modeling results of the modelled northern range of the green lizard (*Lacerta viridis*)

The work presents the results of checking the distribution of the green lizard to the northern border of its distribution according to the results of bioclimatic modeling conducted in 2017. During field research, new records of the species were made that were located much further north than the previous known limits of the range, and also coincide with climatically favorable areas north of Kyiv, identified during the modeling

Червона книга України є основою для розроблення та реалізації програм, спрямованих на охорону та відтворення рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу, занесених до неї. Згідно зі ст. 4 закону України "Про Червону Книгу України" охорона об'єктів Червоної книги України забезпечується шляхом "систематичної роботи з виявлення місць їх перебування (зростання), проведення постійного спостереження (моніторингу) за станом їх популяцій". Одним із наукових підходів до виявлення кліматично сприятливих для існування рідкісних видів територій є використання методів геоінформаційного моделювання (ГІС-моделювання) з подальшою наземною верифікацією отриманих результатів, тобто перевірки побудованих моделей в реальності за допомогою польових досліджень.

Об'єктом даного дослідження є ящірка зелена *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768). Цей вид занесено до Червоної книги України під категорією "Вразливий" [1, 2] та додатка II Бернської конвенції (види тварин, що підлягають суворій охороні). На території

України цей вид поширений переважно в екокоридорі Дніпра та його приток на Лівобережжі, Південного Бугу та Дністра [3]. У роботі О.Д. Некрасової зі співавторами (2017) [4] було проведено геоінформаційне моделювання потенційного поширення *L. viridis* та прогнозовано кліматично сприятливі місця для існування виду (рис. 1), а відтак розширення на північ Київської обл., однак ці прогнози потребували підтвердження польовими дослідженнями. Згідно з попередніми даними, північна межа ареалу виду проходила в околицях півдня Києва (Конча-Заспа), де існувала відокремлена популяція Кагарлицько-Гребенківського фізико-географічного району, де існує у вигляді одиночних і стрічкоподібних поселень надлугових терас [5–7]. Також є відомості про реєстрацію виду у другій половині XX ст. і в м. Києві, а саме, на Лисій горі і в Пирогові [3, 7]. Південніше вид регулярно трапляється на території Ржищівської МОТГ [8].

Метою роботи стала польова верифікація результатів моделювання та перевірка наявності виду на північній межі прогнозованого ареалу. Пошук *L. viridis* проводився з 2018 по 2023 рр. в околицях м. Київ (зокрема на півночі Київської обл. в с. Лютіж, у лісовому масиві Лісники, поблизу Видубицького масиву). Також було виконано перевірку знахідок виду в спеціалізованих соціальних мережах (<https://www.inaturalist.org/>) та відкритих базах даних (GBIF, [9]). Ящірок реєстрували візуально на маршрутних обліках (ширина лінії слідування 2 м з двох боків), видова приналежність визначалася за визначником [10] із фото- та GPS-фіксацією всіх виявлених особин рептилій. У результаті проведених досліджень було виявлено найпівнічнішу підтверджену знахідку *L. viridis* на території України – в околицях с. Лютіж (зафіксовано три особини: 1 – 05.06.2024 та 2 – 19.08.2024), а також ряд знахідок виду на території м. Києва та околиць ($n=8$, табл. 1, рис. 2).

Виявлені точки розташовані значно північніше від раніше підтверджених місць існування виду, що підтверджує прогнози, отримані в результаті моделювання [4].

Таблиця 1. Знахідки *L. viridis* на території м. Києва та околиць у період з 2018 по 2024 рр.

Локалітет	Широта, N	Довгота, E	Автори знахідки та ідентифікації	Посиланн я
с. Проліски	50.39318	30.77543	Тестов П., Марущак О.	
НПП "Голосіївський"	50.38587	30.51047	-//-	[11]
парк "Феофанія"	50.34028	30.48891	-//-	[12]
окол. с. Лютіж	50.71717	30.37960	Шевчук В., Шорохов О.	
-//-	50.71546	30.38011	-//-	
-//-	50.72012	30.37831	-//-	
Видубицьке озеро	50.41628	30.57097	roman8497	[13]
Конча-Заспа	50.29746	30.54354	Василюк О. В.	[14]



Рис. 1. Нові знахідки *L. viridis*, що збігаються з моделюванням сприятливих для виду територій згідно з попередньо виконаним ГІС-моделюванням

Ящірки були виявлені вздовж автомобільних доріг на ділянках із деревно-чагарниковою рослинністю, що дає змогу припустити їх розселення з автотранспортними засобами. Відсутність чисельних популяцій, що налічували б кілька десятків особин зареєстрованими під час польових досліджень, може свідчити про те, що процес розширення ареалу та зайняття нових

територій перебуває на початкових стадіях. Цікавим є факт виявлення виключно нестатевозрілих особин в с. Лютіж, що може свідчити про порівняно недавнє формування популяції на даній території за рахунок молодих особин, що переміщуються з автотранспортом та їх активне розселення.

У попередньому дослідженні вказувалося, що біокліматичними факторами (CliMond database), які впливають на формування ареалу зеленої ящірки в Україні, є: сезонний індекс вологості, опади найбільш сухого місяця, середня температура найсухішого кварталу та сезонність опадів [4]. Можна припустити, що зміни цих показників в останні роки сприяли розширенню ареалу виду на північ. Варто зазначити, що дана територія розташована в межах екокоридору Дніпра, важливість якого для збереження *L. viridis* раніше підкреслювалася дослідниками.

Список використаних джерел

1. Акімов І.А. (ред.) Червона книга України. Тваринний світ. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.
2. Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключені з Червоної книги України (тваринний світ) : Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 19.01.2021 № 29. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0260-21#Text> (дата звернення: 3.04.2025).
3. Таращук В.І. Земноводні та плазуни. Фауна України; т. 7. Київ: Вид-во АН УРСР, 1959. 246 с.
4. Некрасова О.Д., Оскірко О.С., Куйбида В.В., Дубина А.Д. Распространение зеленой ящерицы *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) (Sauria: Lacertidae) в экокореидоре Днепра (Украина): *Зб. пр. Зоологічного музею*. 2017. Т. 48. С. 46–53.
5. Некрасова, О.Д., Титар, В.М., Куйбіда, В.В. ГІС-моделювання поширення вразливих до змін клімату земноводних та плазунів України. Київ : НАН України, Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена. Київ, 2019. 204 с.
6. Ситнік О.І. Характеристика щільності і структури поселень зеленої ящірки (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) Придніпровського Лісостепу України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивуації земель*. 2013. Т. 42. С. 133–140.

7. Некрасова О.Д. К вопросу изучения герпетофауны поймы Днепра Среднего Приднепровья и ее охрана. *Зб. Дніпровський екологічний коридор*, 2008. С. 89–94.

8. Некрасова О.Д., Марущак О.Ю. До досліджень герпетофауни Ржищівської МОТГ у 2021 році / за ред. А. Куземко, Ю. Куцоконь, О. Василюк. *Наукові праці Екологічної дослідницької станції "Глибокі Балики". Біорізноманіття Ржищівської міської об'єднаної територіальної громади*. 2022. Вип. 2. С. 351–377.

9. GBIF.org (11 April 2025) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.uhqwpq>

10. Speybroeck J., Beukema W., Bok B., Van Der Voort J. Field guide to the amphibians & reptiles of Britain and Europe. 2016. London, Bloomsbury Publishing Plc, 2016. 432 p.

11. <https://www.inaturalist.org/observations/169350166>

12. <https://www.inaturalist.org/observations/169568445>

13. <https://www.inaturalist.org/observations/222266910>

14. <https://www.inaturalist.org/observations/268180864>

¹**Шемчук К., ²Кіоса Є.**

¹ІННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Біологічний факультет

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

e-mail: ksusasemcuk@gmail.com

ПЕРШІ ДАНІ ПРО НАЗЕМНИХ ТИХОХОДІВ (TARDIGRADA) НПП "ГОЛОСІЇВСЬКИЙ" (М. КИЇВ)

Shemchuk K., Kiosya Ye. First data on terrestrial Tardigrada from Holosiivskyi National Nature Park (Kyiv)

13 moss samples were collected from Holosiivskyi National Nature Park in October 2024, air dried, and then examined for tardigrades. Ca. 100 specimens of tardigrades were found. They were mounted on slides, examined using DIC microscope, and identified as representatives of 7 genera from three families: Hypsibiidae, Ramazzottiidae, Macrobiotidae. All the genera we found have been previously recorded from other Ukrainian localities. Perspectives of further research of tardigrades in Ukraine are briefly discussed.

Тихоходи (*Tardigrada*) – це невеликий тип безхребетних тварин, які населяють різноманітні вологі наземні біотопи, як-от

мохові подушки, лишайники, рослинний опад, підстилка й ґрунти, а також водні біотопи. Тихоходи відомі своєю здатністю витримувати екстремальні умови навколишнього середовища, впадаючи в криптобіоз. Розміри цих тварин у середньому коливаються в межах 0,2–0,5 мм, а діагностичні ознаки включають, зокрема, тонкі деталі ротоглоткового апарату, кігтів та мікроскульптуру яєць. Через численні описи нових таксонів, активні ревізії і, враховуючи те, що деякі із новоописаних таксонів відрізняються між собою за дрібними морфологічними ознаками, ідентифікація тихоходів утруднена [1].

Перші дані про тихоходів України з'явилися в першій половині ХХ ст. й стосувалися східної частини країни (басейну р. Сіверський Донець), Західної України та Криму. Дослідження тихоходів проводили на півночі країни, зокрема, Київської обл. та зони відчуження Чорнобильської АЕС [2], а також на території Чернігівщини [3]. Варто зазначити, що наразі результати більшості досліджень тихоходів є застарілими внаслідок докорінних змін в таксономії тихоходів, які відбулися у другій половині ХХ ст. [2].

Метою цієї роботи стало проведення попереднього оцінювання таксономічного складу тихоходів НПП "Голосіївський" (м. Київ). Для досягнення мети 27.10.2024 р. було зібрано 13 проб мохів у грабово-дубовому лісі (розміри дослідної ділянки становили 20 × 15 м). Проби висушували на повітрі, етикетували та в сухому стані зберігали в пластикових зіп-пакетах. Для подальшого дослідження проби розмочували у дистильованій воді упродовж 30 хв – 1 год за кімнатної температури та шукали тихоходів під бінокулярним мікроскопом. Знайдених тварин та їхні яйця за допомогою скляної піпетки з витягнутим носиком переносили на предметне скло та монтували у рідині Хойєра. Висушування препаратів проводили за кімнатної температури упродовж 2-3 тижнів. Готові препарати окантовували прозорим лаком для нігтів. Препарати досліджували за допомогою світлового мікроскопа ZEISS Axio Imager M1 із застосуванням диференційного інтерференційного контрасту у Центрі колективного користування науковими приладами "Animalia" Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена

НАН України. Визначення родин та родів проводили за актуальними діагностичними таблицями для класу Euradigrada [4].

Всього на препаратах було змонтовано близько 100 екземплярів тихоходів, більшість з яких вдалося визначити до роду. Встановлено, що досліджені проби містили представників 7 родів з 3 родин ряду Parachela класу Eutardigrada. Нижче наведено назви таксонів відповідно до чек-листів тихоходів світу [5, 6]:

Родина Hypsibiidae Pilato, 1969:

Рід *Hypsibius* Ehrenberg, 1848.

Рід *Diphascon* Plate, 1888.

Родина Ramazzottiidae Sands, McInnes, Marley, Goodall-Copestake, Convey & Linse, 2008:

Рід *Ramazzottius* Binda & Pilato, 1986.

Родина Macrobiotidae Thulin, 1928:

Рід *Macrobiotus* C.A.S. Schultze, 1834.

Рід *Mesobiotus* Vecchi, Cesari, Bertolani, Jönsson, Rebecchi & Guidetti, 2016.

Рід *Minibiotus* R.O. Schuster, 1980 in Schuster et al. 1980.

Рід *Paramacrobiotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar & Wolf, 2009.

Усі знайдені нами роди були раніше зареєстровані в Україні [2, 3]. Для встановлення видової належності тихоходів потрібно проводити подальші дослідження, що передбачають морфометрію, вивчення морфології яєць та ДНК-баркодування. Нами заплановані такі таксономічні дослідження проб із дослідної території, а також розширення регіону дослідження. Таким чином, нами вперше отримано таксономічні дані щодо тихоходів м. Києва та НПП "Голосіївський".

Автори висловлюють щиру подяку Руслану Нерушу та Анні Калайді (ННЦ "Інститут біології та медицини" КНУТШ) за допомогу в зборі проб, Роману Світіну (ІЗАН) за допомогу у проведенні мікроскопіювання та Наталії Матушкіній (ННЦ "Інститут біології та медицини" КНУТШ) за наукове керівництво у процесі підготовки цієї роботи.

Список використаних джерел

1. Kinchin I. M. The Biology of Tardigrades: монографія. London : Portland Press Ltd, 1994. 184 p.

2. Pilato G., Kiosya Y., Lisi O., Inshina V., Biserov V. Annotated list of Tardigrada records from Ukraine with the description of three new species. *Zootaxa*. 2011. Vol. 3123. P. 1–31.

3. Kiosya Ye. O., Khudaeva N. Yu. Preliminary data on terrestrial tardigrade diversity and small-scale distribution in the park 'Yalivshchina' (Chernihiv, Ukraine). *Conference Program and Abstract Booklet. 12th International Symposium on Tardigrada*. Portugal : Vila Nova de Gaia, 2012. P. 75.

4. Pilato G., Binda M. Definition of families, subfamilies, genera and subgenera of the Eutardigrada, and keys to their identification. *Zootaxa*. 2010. Vol. 2404. P. 1–54.

5. Guidetti R., Bertolani R. Tardigrade taxonomy: an updated check list of the taxa and a list of characters for their identification. *Zootaxa*. 2005. Vol. 845. P. 1–46.

6. Degma P., Bertolani R., Guidetti R. Actual checklist of Tardigrada species (2009–2022, 41-th Ed.). DOI: https://doi.org/10.25431/11380_1178608

Шинкаренко К., Піскова А.

e-mail: katia.shynkarenko17@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СТАН І БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ В УМОВАХ РІЗНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Shynkarenko K., Piskova A. State and Biodiversity of Forest Plantations under Different Levels of Anthropogenic Pressure

The research examines the state and biodiversity of forest plantations under varying anthropogenic pressures. The influence of traffic emissions, especially heavy metals, on forest ecosystems is analyzed. Results demonstrate a decline in biodiversity and soil quality near roads. The findings highlight the need for sustainable forest management and environmental monitoring.

Лісові екосистеми є одним із найважливіших компонентів біосфери, які забезпечують стабільність глобального довкілля та виконують ряд життєво необхідних функцій – кліматорегулювальну, водоохоронну, ґрунтозахисну, рекреаційну,

ресурсоутворювальну та біотичну [1]. Збереження і підтримання функціонального стану лісових насаджень є передумовою сталого розвитку суспільства, особливо в умовах зростаючого техногенного навантаження на природні території.

Упродовж останніх десятиліть спостерігається тенденція до зростання масштабів антропогенного впливу на природні екосистеми, зокрема лісові. Основними чинниками цього впливу є інтенсивна господарська діяльність (вирубка, меліорація, забудова територій), забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, неконтрольована рекреація, а також глобальні кліматичні зміни [2]. Як наслідок, відбувається поступове зниження природного потенціалу лісів, деградація структури насаджень, порушення фітоценотичних зв'язків, зменшення видового та популяційного різноманіття.

Особливого значення набуває дослідження біорізноманіття лісових насаджень як одного з ключових індикаторів екологічного стану лісових біогеоценозів [3]. Біорізноманіття не лише характеризує рівень різноманітності видів у межах конкретного угруповання, але й відображає загальну стійкість екосистеми до зовнішніх (зокрема антропогенних) впливів. Вивчення змін у структурі біорізноманіття дозволяє оцінити якість середовища, виявити деградаційні процеси, а також розробити обґрунтовані заходи щодо відновлення і збереження лісів.

У рамках даного дослідження розглядається сучасний стан лісових насаджень в умовах різного ступеня антропогенного навантаження, аналізується рівень їх біорізноманіття, оцінюються основні чинники, що впливають на динаміку видового складу та структурно-функціональні характеристики фітоценозів. Основна увага приділяється порівняльному аналізу ділянок з мінімальним, помірним та інтенсивним антропогенним пресом, що дозволяє виявити як безпосередні, так і віддалені наслідки людської діяльності для лісових екосистем.

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю наукового обґрунтування заходів щодо охорони, збереження та відновлення біорізноманіття лісових масивів, розробки

ефективних стратегій природокористування в контексті сталого розвитку та екологічної безпеки [4].

У межах дипломного дослідження було проаналізовано стан лісових насаджень, розташованих у безпосередній близькості до автомобільних доріг з високим рівнем транспортного трафіку. Основна мета полягала у вивченні впливу хімічних металів, які потрапляють у навколишнє середовище разом із вихлопними газами транспортних засобів, на лісові екосистеми.

Автомобільні вихлопи містять значну кількість важких металів, зокрема свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu), а також інші токсичні елементи, такі як бензапірен, оксиди азоту та сірки. Ці сполуки накопичуються в ґрунті та на поверхні рослин, спричиняючи довготривале антропогенне навантаження на екосистему.

Постійна концентрація таких речовин може мати серйозні наслідки для лісового біорізноманіття. Важкі метали знижують життєздатність рослин, впливають на фотосинтез, порушують водний обмін, знижують ріст та розвиток дерев [5]. Унаслідок цього спостерігається поступове скорочення видового складу рослин, зменшення чисельності мікроорганізмів у ґрунті, а також зміни у структурі фауни, зокрема зниження кількості безхребетних, чутливих до забруднення.

З метою визначення рівня забруднення та його впливу на лісові насадження було обрано три різні ділянки для спостереження. Усі три розташовані в межах Київської обл., а саме, Обухівського р-ну. Перші дві ділянки розташовані на території Національного природного парку "Голосіївський", а саме, урочище "Лісники" – населені пункти Козин та Конча-Заспа. Третя ділянка розташована біля Трипільської ТЕС. Кожна з ділянок включала дві точки: одну – у безпосередній близькості до дороги (до 10 м), іншу – у глибині лісу (не менше 100 м від краю дорожнього полотна). Такий підхід дозволив провести порівняльний аналіз між умовами на забруднених і контрольних ділянках.

Результати досліджень показали суттєву різницю між лісовими насадженнями, розташованими поблизу дороги, та

тими, що розташовані в глибині лісу. На придорожніх ділянках відзначалося:

- 1) підвищення концентрації важких металів у ґрунті та листовій масі;
- 2) зниження видової різноманітності трав'яного покриву;
- 3) візуальні ознаки деградації деяких деревних порід (усихання гілок, зміна кольору листя, поява плям);
- 4) нижча чисельність лісової фауни.

Натомість у глибині лісу екосистема виявляла ознаки стабільності: рівень забруднення ґрунту був нижчим, різноманіття флори та фауни значно вищим, а самі рослини виглядали здоровішими та життєздатнішими.

Таким чином, отримані дані підтверджують значний негативний вплив автотранспортного забруднення на лісові насадження, особливо в прибережній смузі доріг [6]. Це ще раз підкреслює важливість моніторингу таких екосистем, розробки заходів з озеленення узбіч та створення буферних зон для зниження антропогенного навантаження.

Список використаних джерел

1. Брайчевський А.П. Екологія лісових екосистем : навч. посіб. Київ : Либідь, 2020 248 с.
2. Григор'єва І.І., Кравець В.М. Вплив автотранспортного забруднення на стан довкілля. *Екологічний вісник*. 2020. № 2. С. 45–52.
3. Кучерук Л. В., Кушніренко М.Д. Біорізноманіття і сталий розвиток : монографія. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. 312 с.
4. Лісові екосистеми та кліматичні зміни: аналітична доповідь / за ред. І. І. Похиленка. Київ: НАН України, 2022. 104 с.
5. Шевченко В.М. Важкі метали у лісових ґрунтах поблизу автодоріг. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2021. № 1. С. 55–62.
6. Швиденко А.А. Оцінка антропогенного навантаження на ліси України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 135. С. 15–21.

Щербакха А.

e-mail: shcherbakhaanna@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ СТАРОВІКОВИХ ДУБІВ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ "ГОЛОСІЇВСЬКИЙ"

Shcherbakha A. Conservation Strategies for Old Oaks in Holiivskyi National Nature Park

*In the Holiivskyi National Nature Park, oak forests cover more than 560 hectares, with trees over 300 years old. These trees hold significant natural, scientific, and ecological value, ensuring biodiversity and ecosystem stability. However, ancient oaks require protection due to the impact of natural and anthropogenic factors that reduce their numbers. The study assessed the condition of ancient oaks and the seed productivity of *Quercus robur* based on the morphometric characteristics of acorns. A significant variability in seed traits was found, which is typical for natural populations. Based on the results, preservation measures were proposed, including the creation of protected zones, reducing anthropogenic impact, and involving the public in forest conservation.*

Дубові ліси є важливою складовою за площею лісової рослинності у національному природному парку "Голосіївський" (560,2 га дуба звичайного), вік яких сягає понад 300 років. Їх угруповання займають друге місце після соснових лісів [5]. Ці дерева є природною та науковою цінністю, однак їхнє збереження потребує системного підходу.

Актуальність дослідження цієї теми обумовлена тим, що внаслідок природних і антропогенних факторів чисельність старовікових дерев в НПП "Голосіївський" постійно зменшується. Старовікові дуби є унікальними природними утвореннями, що мають високу екологічну, естетичну та історико-культурну цінність [2]. Вони виступають важливими компонентами лісових екосистем, забезпечуючи біорізноманіття, стабільність угруповань, а також є осередками існування для багатьох видів флори й фауни, в тому числі рідкісних і зникаючих.

Міжнародні дослідження вказують, що саме старовікові дерева демонструють вищу стійкість до кліматичних змін. Зокрема,

дослідження показало, що старі дерева довше утримують атмосферний CO₂ і краще переносять тривалі посухи [1].

Одним із перших дослідників, хто системно вивчав старовікові дуби Голосіївського лісу, був д-р біол. наук В. А. Онищенко [3, 4]. У своїй публікації "Вікові дуби Голосіївського лісу" він описав особливості найстаріших дерев парку, їхній морфологічний стан, розміщення, взаємозв'язок з екосистемами лісу та запропонував критерії, за якими можна визначити вік та екологічну цінність дубів. Крім того, Онищенко звернув увагу на фактори деградації старовікових дубів, зокрема зміни рівня ґрунтових вод, рекреаційне навантаження, поширення хвороб і шкідників.

У межах нашого дослідження було проведено облік вікових дерев, вивчено їхній санітарний стан, морфометричні параметри, насінневу продуктивність та наявні загрози. Об'єктом дослідження є насіння роду дуба звичайного (*Quercus robur* L.) з чотирьох ділянок поблизу дуба Петра Могили. Зразки жолудів збирали у вересні 2025 року в кількості близько 4000 шт. Були виміряні їх морфометричні показники, що дало змогу визначити потенційну і фактичну насінневу продуктивність, а також коефіцієнт насінневої продуктивності *Quercus robur*. Опрацювання даних здійснювали за допомогою стандартного пакета статистичних програм Excel.

Таблиця 1. Визначення морфологічних показників насіння роду *Quercus robur*. L

№	Географічні координати	Вага, г	Довжина, мм	Діаметр, мм
1.	50,381738° Пн, 30,519950° Сх (n=50)	7,79±1,7	36±16,6	18±11,5
2.	50,2253.0° Пн, 30,3112.1° Сх (n=50)	7,42±0,51	33±13,2	11,8±10,8
3.	50,38104° Пн, 30,51961° Сх (n=50)	4,34±0,72	25,2±13,9	13,7±12,6
4.	50,2254° Пн, 30,3113° Сх (n=50)	6,78±0,73	27,5±15,6	14,1±13

Усі зразки мають високу варіабельність довжини, що може свідчити про значні індивідуальні відмінності між насінням, проте найвища варіабельність у зразка № 4, довжина жолудів була дуже нерівномірною, а отже, він є найменш придатним для збору насіння. Найвища варіація серед усіх показників спостерігається саме за діаметром, особливо в зразках № 3 і № 4. Отримані результати свідчать про високу неоднорідність насінневого матеріалу дуба звичайного в НПП "Голосіївський", що є типовим для природних популяцій. Найбільш перспективним зразком для збору насіння є дуб № 2, оскільки він має найнижчий відсоток варіабельності за вагою, що вказує на високу однорідність та стабільність маси жолудів, а це важливо для рівномірного проростання і формування сіянців. Довжина жолудів також має відносно низьку варіацію (40 %) порівняно з іншими зразками. Хоча діаметр має відносно високу варіабельність (72,03 %), це менш критичний показник для відбору, ніж вага та довжина.

Аналіз літературних джерел та результатів власних спостережень дозволив окреслити основні шляхи збереження старовікових дубів у межах Голосіївського НПП. До них належать: встановлення охоронних зон навколо найбільш цінних дерев, обмеження антропогенного впливу, моніторинг стану дерев та залучення громадськості до програм охорони. Важливою є також популяризація значення вікових дерев серед місцевого населення та відвідувачів парку.

Список використаних джерел

1. Au, T.F., Maxwell, J.T., Robeson, S.M. et al. Younger trees in the upper canopy are more sensitive but also more resilient to drought. *Nature Climate Change*. 2022. 12. P. 1168–1174.
2. Вишенська І.Г., Крамаренко А.О., Травінська А.О. Моніторинг флористичного різноманіття урочища Теремки НПП "Голосіївський" в умовах антропогенного навантаження. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2023. Т. 6. С. 44–46. <http://dx.doi.org/10.18523/2617-4529.2023.6.41-47>
3. Онищенко В.А Вікові дуби Голосіївського лісу. *Заповідна справа*. 2015. С. 19–24.
4. Онищенко В.А. Лісова рослинність ур. Голосіївський ліс (м. Київ). *Біологічні системи*. 2013. Вип. 5(1). С. 93–115.
5. Проект організації території національного природного парку "Голосіївський". Національний природний парк "Голосіївський". URL: <https://nppg.gov.ua/uk/node/132>

Юла А.

e-mail: nastyyula201103@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ОСІННЬО-ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ НА ПЕРЕЗИМІВЛЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Yula A. Influence of agrometeorological conditions of the autumn-winter period on the retroval of winter wheat

The paper presents the results of studies of the influence of moisture and heat supply conditions on the state of winter wheat plants at the time of termination of autumn and resumption of spring vegetation. The important role of observance of optimal sowing dates on the duration of autumn vegetation and the success of overwintering was proved. Morphophysiological studies were carried out, the dynamics of changes in growth cones were analysed, and the viability of plants during winter wheat overwintering was determined.

У структурі валового виробництва зерна в Україні найбільшу частку (понад 40 %) займає на сьогодні пшениця озима. Агрокліматичні умови країни повністю відповідають біологічним особливостям культури, що за сприятливих метеорологічних умов вегетаційного періоду дозволяє отримувати стабільні врожаї високоякісного зерна. Проте внаслідок специфічних особливостей росту і розвитку пшениця озима часто зазнає впливу несприятливих агрометеорологічних чинників у період перезимівлі. У літературних джерелах 80-90-х років ХХ ст. часто зустрічались факти часткової загибелі посівів щонайменше у двох роках з десяти [3]. У ХХІ ст. значна загибель посівів пшениці озимої від несприятливих умов перезимівлі останній раз спостерігалася в 2003 р. [6]. Такі позитивні зрушення у вирощуванні пшениці озимої обумовлені змінами кліматичних умов, які спостерігаються в Україні в останні 10–20 років під впливом глобального клімату і характеризуються підвищенням зимових температур, скороченням тривалості холодного періоду та раннім відновленням весняної вегетації. Проте негативних наслідків змін клімату для зернового виробництва через підвищення його

континентальності, непередбачуваність метеоумов окремих сезонних періодів та зростання частоти і вірогідності погодних аномалій набагато більше. Насамперед це дефіцит вологозабезпечення, а також температурні стреси.

Тому для розуміння сутності фізіологічних процесів, які відбуваються в рослинах пшениці озимої під час їх перезимівлі в умовах кліматичних змін за різних умов волого- і теплозабезпечення виникла необхідність у проведенні цих досліджень. Метою роботи є встановлення закономірностей впливу вологозабезпеченості та температурного режиму на ріст, розвиток і перезимівлю пшениці озимої.

Дослідження за темою роботи проведено впродовж 2024-2025 рр. у Національному науковому центрі "Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України" у стаціонарному довготривалому досліді відділу технологій зернових колосових культур у Фастівському р-ні Київської обл. Предметом досліджень була пшениця м'яка озима сорту Співанка Поліська.

Польовий дослід закладено з урахуванням вимог методики дослідної справи [7]. Програма супутніх спостережень включала: фенологічні спостереження – за "Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур" [5]; морфологічні і морфофізіологічні дослідження – за Куперман; відбір зразків рослин пшениці озимої для визначення життєздатності [8]; аналіз погодних умов осінньо-зимового періоду [1, 2].

У результаті проведених досліджень встановлено, що істотний вплив на стан та перезимівлю рослин пшениці озимої мали погодні умови осінньо-зимового періоду. Тривалість осінньої вегетації рослин пшениці озимої у 2024 р. становила 38 діб (замість оптимальних 45 діб), що було викликано зміщенням строків сівби на пізніші терміни внаслідок посушливого передпосівного періоду. За період від сходів (14 жовтня) до припинення осінньої вегетації (21 листопада) випало лише 6 мм опадів за норми 48 мм для цього періоду, а сума накопичених ефективних температур більше 5 оС становила 74 оС, що становить лише третину від оптимальних значень. За даними Федорової (1972), необхідна для успішної перезимівлі сума ефективних температур за період від сходів до переходу середньодобової температури через +5 °С становить 200–

225 °C [9]. Стосовно розміру конусів наростання (рис. 2), то в умовах осені 2024 року рослини пшениці озимої припиняли осінню вегетацію за їх довжини 0,15 мм, тоді як оптимальні параметри цього показника на цей період мали б становили 0,30–0,35 мм (рис. 1).

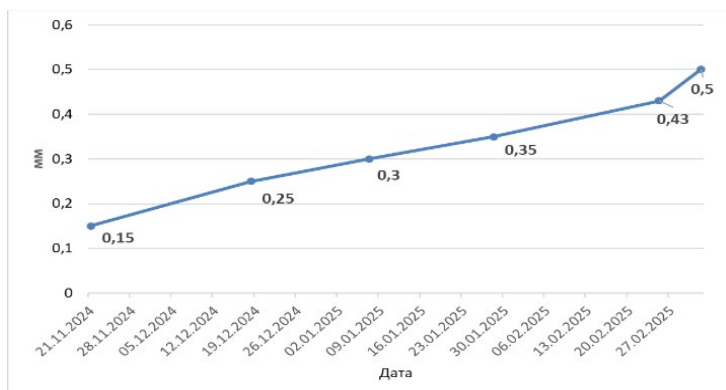


Рис. 1. Динаміка зміни розмірів конусів наростання рослин пшениці озимої під час перезимівлі 2024-2025 рр.



Рис. 2. Конус наростання пшениці озимої

Найбільший вплив на стан пшениці озимої мали погодні умови зимового періоду. Зокрема, за перевищення середньомісячної температури повітря на 2 °C у грудні та на 6,7 °C у січні в рослинах спостерігалось протікання ростових процесів, збільшення конусів наростання (рис. 1), вегетативної маси, зміну стадій розвитку і навіть появу нових вузлових корінців. У лютому ж середня місячна температура повітря виявилася на 3 °C нижче місячної норми, мінімальна знижувалася до мінус 10–12 °C, а на глибині залягання вузлів куштиння – до мінус 6–10 °C Проте, незважаючи на такі погодні

аномалії лютого, значні морози не мали критичного впливу на стан пшениці озимої у регіоні проведення досліджень, що вказує на достатню кількість накопичених запасних речовин у вузлах кушіння.

Рослини відновили весняну вегетацію у ранні терміни (4 березня) із оптимальними параметрами довжини конусів наростання (0,45–0,50 мм) і, як засвідчили результати наших досліджень по визначенню життєздатності, з майже 100 % виживаністю після перезимівлі.

Таким чином, результати наших досліджень засвідчили, що від умов вологозабезпечення передпосівного періоду залежать терміни сівби пшениці озимої, а від гідротермічних умов осіннього періоду вегетації – стан рослин на час припинення осінньої вегетації, умови загартування та успішність перезимівлі. Встановлено, що незважаючи на далекі від оптимальних параметри рослин на час припинення осінньої вегетації, аномально теплі умови січня викликали протікання ростових процесів, у результаті чого рослини відновили весняну вегетацію з середньостатистичними параметрами.

Список використаних джерел

1. Агromетeоролoгiчний бюлeтeнь пo тeритopії Київської облacтi. 2024. № 25–36. Київ: Український гiдрометeоролoгiчний цeнтp.
2. Агromетeоролoгiчний бюлeтeнь пo тeритopії Київської облacтi. 2025. № 1–9. Київ: Український гiдрометeоролoгiчний цeнтp.
3. Зінчeнкo O., Салатeнкo B., Білoнoжкo M. Рoслинництвo: пiдручник. Київ: Аграрна освiта, 2001. С. 225–228.
4. Мeтoдикa дepжaвнoгo сортовипрoбувaння сiльськoгocпoдapських культур. Київ, 2000. 10 с.
5. Пoпoв C. та iн. Пpичини недoбopу зepнa. *Агpoнoмiя сьoгoднi*. 2013.
6. Рoжкoв A., Пузiк B., Калeньскa C. Дoслiднa спpавa в aгpoнoмiї: нaвч. пoсiб.: y 2 кн. Кн. 1. Тeopетичнi аcпeкти дoслiднoї спpави. Хapкiв: Майдан, 2016. 316 с.
7. Рябчун Н. Дiагнoстикa стaну та життєзaтнocтi oзимих зepнoвих культур прoтягoм пepiоду вiднoснoгo спoкoю: мeтoд. рек. Хapкiв, 2020. 29 с.
8. Фeдopoвa Н. Зимocтiйкiсть i вpoжaйнiсть oзимoї пшeницi. Київ: Уpoжaй, 1972. 260 с.

Ялова А.

e-mail: anna.yalova02@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ РІЧКИ ОСТЕР ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Yalova, A. Ecological state and revitalization prospects of the Oster River of Chernihiv region

The Oster River in northern Ukraine is undergoing ecological degradation due to river regulation, wetland drainage, and agriculture. Several tributaries have disappeared, and at least 26 illegally ploughed buffer zones were identified. Planned revitalization efforts are limited, underscoring the need for urgent restoration and stricter environmental enforcement.

В умовах посилення кліматичних змін, військових дій та небалого природокористування водні ресурси України зазнають значного навантаження [1]. Річка Остер, ліва притока Десни, є прикладом водного об'єкта, стан якого викликає серйозне занепокоєння. Основними екологічними проблемами басейну річки є спрямлення русла, деградація малих річок, осушення водно-болотних угідь, розорення прибережно-захисних смуг та інтенсивне аграрне використання територій. Масштабного осушення зазнала заплава річки внаслідок функціонування Остерської осушувально-зволожувальної системи, що створена на площі понад 30 тис. га. Водно-болотні угіддя, які раніше забезпечували природну фільтрацію та біорізноманіття, наразі переважно осушені.

Метою виконаної роботи стало комплексне екологічне оцінювання сучасного стану р. Остер та її басейну, а також обґрунтування перспектив і напрямів ревіталізації річкової екосистеми.

Порівнявши карти Шуберта XIX ст. із сучасними картами Google Hybrid та OSM Standard, було виявлено зникнення щонайменше чотирьох річок у басейні Остра: ліві притоки – р. Безіменна (притока р. Бурчак), р. Бистрая (притока р. Бурчак), р. Поток (притока р. Дівича), права притока – р. Брак. Усі вони наразі трансформовані в канали без офіційного позначення на

картах. Водночас р.Рала, ліва притока Остра, є повністю каналізованою та осушеною (рис. 1). Її витік, що позначений на картах, розорений (рис. 2).

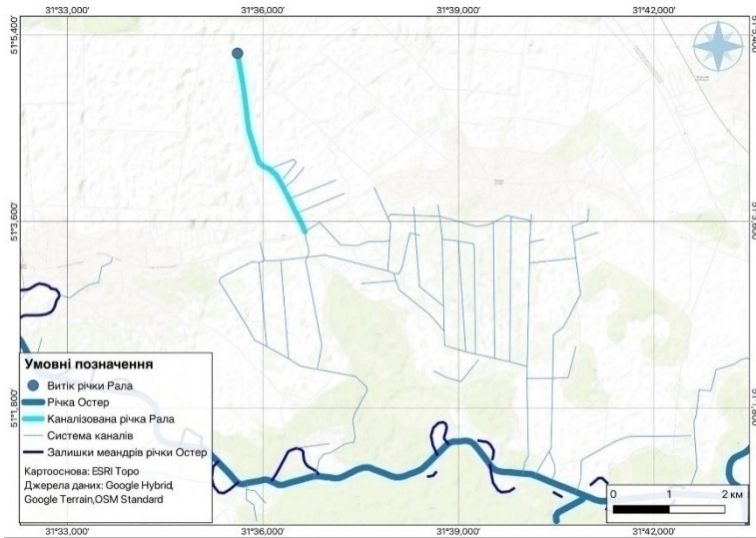


Рис. 1. Система каналів р. Остер поблизу н.п. Мрин та Плоське (Ніжинський р-н, Мринська селищна територіальна громада)

Незаконна сільськогосподарська діяльність у прибережних захисних смугах – ще одна суттєва проблема. Згідно зі ст. 89 Водного кодексу України, розорювання прибережної захисної смуги, що для Остра становить 50 м, заборонене [2]. Однак аналіз кадастрових даних і супутникових знімків дозволив ідентифікувати щонайменше 26 порушень, більшість з яких пов'язані з орендованими землями. Розорення прибережних захисних смуг призводить до ерозії берегів, зниження фільтрації забруднювачів та порушення гідрологічного балансу, що погіршує стан водних екосистем. Втрата таких смуг збільшує ризик паводків і забруднення води [3].



Рис. 2. Розорані ділянки витоків р. Рала

Деякі позитивні тенденції щодо ревіталізації р. Остер спостерігаються у Переліку заходів у басейні Верхнього Дніпра та Десни на 2025–2030 рр. [4]. Наприклад, реконструкція / модернізація трьох комплексів очисних споруд та каналізаційних мереж, ліквідація перешкод для звільнення течії та встановлення водоохоронних зон та прибережних захисних смуг. Проте більшість заходів, що подаються як "ревіталізація", не є ефективними. Наприклад, розчищення та поглиблення дна річки має лише короткотривалий позитивний ефект, а іноді й негативний – уповільнення течії, застій води.

Таким чином, для того, щоб зберегти річку Остер, необхідно розробити комплексний план заходів, який буде фокусуватися першочергово саме на рекультиватії розораних прибережних захисних смуг, відновлення водно-болотних угідь, витоків річки та її притоків, а також відновлення вільної течії.

Список використаних джерел

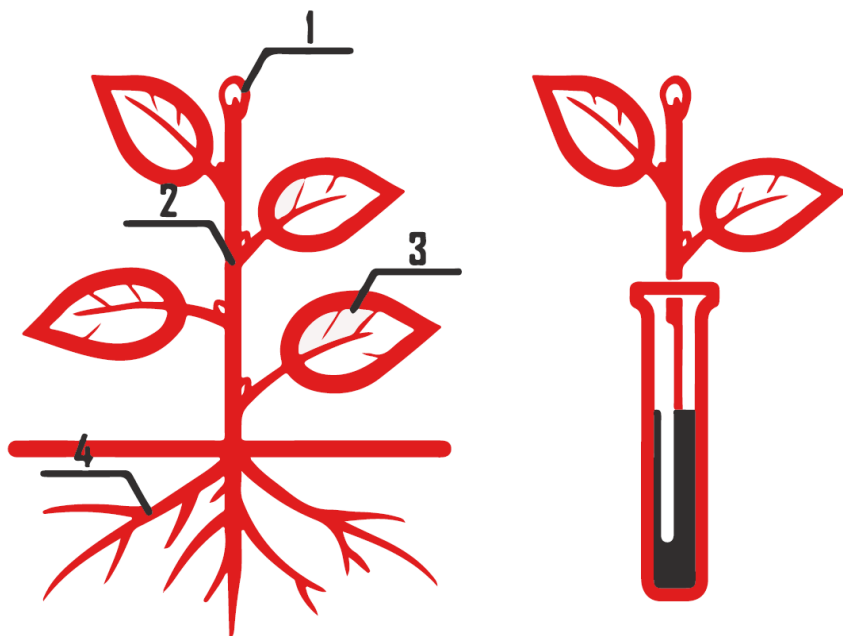
1. Protection of water resources of Ukraine: from crisis to recovery. *WAREG*: website. URL: <https://www.wareg.org/articles/protection-of-water-resources-of-ukraine-from-crisis-to-recovery/>

2. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

3. Гелевера О. Ф., Гульванський І. М. Вплив розорювання водоохоронних зон на водні ресурси Кіровоградської області. *Екологічні проблеми сучасності та шляхи їх вирішення*: мат-ли II Рег. наук.-практ. конф., 21 квіт. 2016 р. Кіровоград : КНТУ, 2016. С. 80-86.

4. План управління річковим басейном Дніпра на 2025-2030 роки: затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 1 лист. 2024 №1077-р. URL: https://davr.gov.ua/fls18/PURBDnipro7_ukr.pdf

ПРИКЛАДНА, ФУНДАМЕНТАЛЬНА
БІОЛОГІЯ РОСЛИН
ТА ДИЗАЙН УРБАНІЗОВАНИХ
ЛАНДШАФТІВ



APPLIED AND BASIC
PLANT BIOLOGY,
DESIGN OF URBAN LANDSCAPES

Бухтіярова М., Войцехівська О.
e-mail: mariya.bukhtiyarova@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЗЕЛЕНЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ПРИДОРІЖНИХ ЗОН: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ

Bukhtiyarova M., Voitsekhivska O. Innovative approaches to landscaping roads and roadside areas

Approaches to landscaping roads and roadside areas in the urban environment are analysed and evaluated. The process of realising a balance between the life of humans, other living beings, plants and nature in general during the arrangement of the urban environment is investigated. Attention is focused on expanding the use of approaches in the arrangement of such objects of the urban environment as overpasses, traffic circles and car parks, city streets, etc.

У зв'язку зі зростаючим антропогенним навантаженням на навколишнє середовище традиційні методи озеленення наразі виявляються недостатньо ефективними. Тому все більшої актуальності набувають інноваційні підходи, які дозволяють створювати стійкі та поліфункціональні зелені насадження. У ході роботи було проаналізовано сучасні тенденції та інноваційні рішення в озелененні доріг та придорожніх зон, які є важливою складовою благоустрою міського середовища, з метою пошуку найбільш перспективних для збереження довкілля, поліпшення екологічного та естетичного стану урбанізованих територій.

Традиційно для озеленення доріг та придорожніх зон висаджують дерева та кущі різних порід, які утворюють зелену огорожу, створюють газони, які виконують декоративну та ґрунтозахисну функцію, для оздоблення дороги та прилеглої території створюють квітники з однорічних та багаторічних рослин. Незважаючи на свої переваги, традиційні методи озеленення мають ряд недоліків. Посадка та догляд за рослинами потребують значних фінансових витрат, адже ці методи не механізовані, зазвичай передбачений лонгований догляд, що

також підвищує фінансову складову проєкту. За умов зростаючого антропогенного навантаження та, як наслідок, погіршення екологічного стану довкілля, рослини масово уражуються шкідниками та хворобами, що потребує додаткових заходів захисту, які переважно не екологічні. Традиційні методи не враховують тип ландшафту та зміну кліматичних умов, що призводить до скорочення життєвого циклу рослин та їх швидкої загибелі. Слід зазначити, що у вітчизняній нормативній базі досі не закріплене обов'язкове озеленення узбіччя доріг під час будівництва, реконструкції чи капітального ремонту в містах [2].

Аналізуючи сучасні тенденції та інноваційні підходи озеленення доріг міського середовища, можна зробити висновок, що світ уникає автомобілецентричної моделі, вулиці (особливо в історичних районах міст), насамперед починають сприймати як пішохідне середовище, де іноді дозволений проїзд автомобілів. Зелені насадження вздовж доріг, на площах характеризуються поліфункціональністю: забезпечують безпеку руху (видимість руху транспортних засобів, пішоходів, засобів регулювання руху); захищають населення від шуму, пилу, вихлопних газів, покращують мікроклімат та естетичний вигляд міст (розробляються відповідно до архітектурно-художніх вимог). Видовий асортимент зелених насаджень має відповідати ґрунтово-кліматичним умовам, мати високий адаптаційний потенціал до цілого спектра негативних факторів довкілля, задовольняти вимоги Державних будівельних норм (ДБН).

Щільне озеленення автошляхів і пішохідних вулиць перетворює лінійні насадження на "зелені коридори", що пов'язують між собою парки, сквери та міські площі. Парки не повинні бути островами серед бетону – їх необхідно зв'язувати між собою в єдину мережу за допомогою насаджень. Часто зелені коридори еволюціонують у лінійні парки, які стають віссю громадського та культурного життя міста (рис. 1) [2].

Схили та укоси дорожніх розв'язок виглядають іноді, як справжні шедеври ландшафтного мистецтва. Зокрема, у Португалії висаджують масиви з блакитних агапантусів, в Італії, Іспанії, Туреччині – із витривалих олеандрів, у Нідерландах, Німеччині, Великій Британії останнім часом стали популярні

строкаті газони-мілефіорі з польових квітів. Адже дорога така ж важлива для іміджу міста, як і його центр, вона формує комплекс перших вражень у мандрівника. Одним із провідних методів озеленення доріг наразі є впровадження зелених мостів (екодуків) – мости або тунелі, вкриті травою, чагарниками і деревами, з одного боку лісу на інший. Вони мінімізують конфлікти людини й дикої природи та дають змогу зберегти біорізноманіття (рис. 2) [4, 6].



Рис. 1 "Зелений коридор"



Рис. 2 Екодук

У проектах будівництва нових автомагістралей та благоустрою придорожніх смуг особлива увага приділяється дренажним системам, системам іригації та створенню захисних бар'єрів, що запобігатимуть проростанню коренів під подушку покриття. Наприклад, в ОАЕ, де узбіччя доріг найчастіше озеленюють пальмами, до кожної з них підводять воду, що дозволяє саджанцям вижити за умов пустелі [2].

До придорожніх зон також належать автостоянки, які у сучасних містах зазвичай створені із суцільного бетону. Аби екологізувати середовище їх варто також озеленювати. Для створення екопарковок у світовій практиці застосовують різні технології, серед них найбільш перспективними є: газонні решітки, дощові сади та "зелені кокони".

Протягом останніх років Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України оновлює Державні будівельні норми (ДБН) щодо

благоустрою, зокрема, у частині озеленення. Відтак планується повністю змінити застарілі норми висадки і поливу дерев уздовж вулиць, алеї і на площах на більш сучасні, зважаючи на вдалу зарубіжну практику. Зокрема, висаджувати лише великомірні дерева з правильно сформованою кроною разом із чагарниками, аби зробити озеленення багаторівневим. При цьому передбачати професійні системи посадки дерев у міських умовах, які сприяють більш ефективному їх поливу, а також спеціальні панелі, що не дозволяють кореням "підривати" покриття над ними [1]. Також наразі розробляють датчики для спостереження за насадженнями, перспективним є використання дронів, адже належний догляд – запорука успіху довговічного озеленення.

Встановивши, що інноваційні підходи до озеленення доріг та придорожніх зон є важливим інструментом для створення екологічно чистого та естетично привабливого міського середовища, виявивши безпосередній вплив окремих змін, спричинених дорожнім озелененням, проаналізувавши їх переваги та недоліки, можна зробити висновок, що озеленення доріг та придорожніх зон є невід'ємною частиною благоустрою міського простору. Адже використання інноваційних методів дозволяє вирішити багато проблем, пов'язаних не лише із забрудненням повітря, шумом та тепловим ефектом, але й з соціальним та економічним станом міста, сприятиме формуванню безпечного та комфортного життя. Разом з тим, можна зазначити, що для досягнення найкращих результатів необхідно комплексно підходити до вибору методів озеленення дорожніх зон, враховуючи особливості ландшафту, кліматичних умов, способів подальшого використання та обслуговування.

Список використаних джерел

1. Мінрегіон планує змінити норми висадки і поливу дерев у містах | Журнал ECOBUSINESS. *Журнал ECOBUSINESS. Екологія підприємства* | *ecolog-ua.com*. URL: <https://ecolog-ua.com/news/minregion-planuye-zminyty-normy-vysadky-i-polyvu-derev-u-mistah> (дата звернення: 11.02.2025).
2. Каліграфія на узбіччі. Зелені коридори вздовж вулиць і трас – PRAGMATIKA.MEDIA – Україна, Київ. *PRAGMATIKA.MEDIA*. URL: <https://pragmatika.media/kaligrafija-na-uzbichchi-zeleni-koridori-vzdovzh-vulic-i-tras>

3. URL: <https://landezine.com/do-roundabouts-need-landscape-architects/>
4. "Пішохідні переходи" для тварин: створюємо екодуки в місті. Рубрика. URL: <https://rubryka.com/article/wildlife-crossing/>
5. SlideShare.net. www.slideshare.net. URL: <https://www.slideshare.net/>
6. Repsol, a global energy company. REPSOL. URL: <https://www.repsol.com/en>

Карпенко К., Белава В.

e-mail: shevchenko.taras@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ "GREEN ROOF": СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ

Karpenko K., Belava V. Horizontal Forest: implementation of environmental projects on rooftops

This section will delve into green roofs, covering their historical background, different classifications, and landscaping approaches. We will also showcase successful examples of rooftop gardens from across the world, including those in Ukraine. By studying global experiences, Ukraine can refine its skills and technologies in this area, enabling the creation of more advanced and practical solutions for its own urban settings.

У сучасних містах світу, де переважають площі, дороги, споруди, штучні матеріали та інженерні комунікації, природні елементи поступаються місцем створеному людиною міському середовищу. Однак використання дахів для облаштування горизонтальних садів дає можливість додати більше живої рослинності, покращити якість повітря, насолодитися зеленню листя, теплом сонячного проміння на корі дерев та ароматом квітів. Сьогодні це не лише естетична насолода, місце для відпочинку та психологічна розрада, але й підтверджена економічна перевага, популярний маркетинговий інструмент та ефективний спосіб підкреслити унікальність міста, компанії чи будівлі.

Green roof – це складана система, яка створюється з метою озеленення будівлі в забудованих мегаполісах та бетонних містах. Зазвичай покриття засаджують рослинним асортиментом частково або повністю.

Історія горизонтальних садів починається декілька тисячоліть тому. Вавилонська імперія, яка була однією із семи чудес світу, дала перші уявлення про зелені райські сади на дахах. Вони будувались у декілька ярусів, що, у свою чергу, нагадували покрівлі [13]. Схема висадки рослин була взята з прикладу навколишнього середовища, а саме, нижню терасу засаджували деревними рослинами, тоді як верхню – рослинним асортиментом гірської місцевості [11].

Пізніше тенденцію зелених покрівель перейняли європейські країни, де ідея просувалась з півдня на північ. Країни Скандинавії у вікі Середньовіччя будували більш прості зелені забудови на дахах – зазвичай це було традиційне покриття з дерну [1].

Століття тому відбувалися розробки найвеличніших проєктів та споруд – деякі з них були з озелененням п'ятого фасаду. Сюди можна віднести таких архітекторів як: Ле Корбюзьє зі склепінням парних будинків Jaoul, збудованими в 1955 р., що розташовані поруч біля Парижа та Фріденсрайха Гундертвасера, який розробив для будинок з унікальним дизайном у м. Відень, де чагарники та трави покривали дахову поверхню (рис. 1) [8, 11].



Рис. 1. Будинок Ф. Гундертвасера у м. Відень [15]

Сучасні технології з озеленення почали з'являтися у Німеччині в 1960-ті роки після періоду Другої світової війни [1]. Ландшафт на даху стає новим центром життя серед міських бетонних джунглів, що потребує кваліфікованого підходу не лише від митців чи науковців у галузі біології та екології, але й від інженерів-проектувальників. При проектуванні таких покрівель виділяють два основних типи: екстенсивний зелений дах, або так званий легкий дах, де шар ґрунтової суміші коливається від 5 до 15 см і висаджуються невибагливі рослини без облаштування зон відпочинку; та інтенсивний дах, який часто називають "високоінтенсивним", що фактично є повноцінним садом з доріжками, іноді з басейнами чи іншими водними об'єктами, і зазвичай передбачає зони для відпочинку та пікніків [4].

За багато років проектування покрівель "green roof" було розроблено цілу систему біомонтажу під час будівництва. Необхідні шари мають у своєму складі такі компоненти, як: основа покрівлі, гідроізоляцію та теплоізоляцію, бар'єрна плівка для коренів рослин, дренажний пласт, фільтруючий шар, ґрунт, рослини (рис. 2) [5].

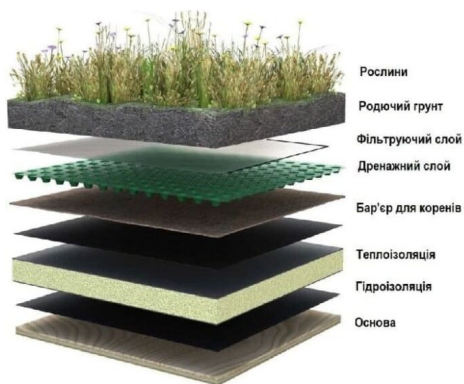


Рис. 2. Схема монтажу біопокриву [5]

Найбільш клопітким моментом у створенні проєкту зеленої покрівлі є підбір рослин. Правильне розташування флори

допоможе поєднати людину та природний навколишній світ, що допоможе відчувати гармонію та задоволення.

Ландшафтні спеціалісти віддають перевагу рослинам пустельних умов, так як вони невибагливі у догляді. Основний асортимент рослинного покриву інтенсивного саду складається з таких рослин: Ірга канадська (*Imelanchier canadensis*), Горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), Сосна гірська (*Pinus mugo*), Дерен білий (*Cornus alba*), ялівці (*Juniperus*), спіреї (*Spiraea*). При створенні екстенсивної технології ландшафту використовують очитки, молодило та вівсяницю [6].

Створення зелених п'ятих фасадів має чимало переваг у сучасному забрудненому світі. Можна виділити такі плюси, як: зберігання атмосферних опадів від 70 до 90 %; зменшення навантаження на каналізаційні системи; міський острів тепла діє як система охолодження; очищення повітря від шкідливих домішок; додаткове біорізноманіття у великих та малих містах; зниження радіаційного фону; створення естетичного вигляду з будь-якого куточка земної поверхні [14].

Однак є й певні недоліки: вартісний процес будівництва; регулярний догляд, неможливо побудувати самому, лише за допомогою спеціалістів [2].

По всьому світу є багато прикладів споруд з "green roof", що є популярними серед людей. В основному це: прадавні будинки на острові Фарери, офісний центр Equinor в м. Ставангер; промислові сади Штутгарта в Гайслінгені (компанія ZinCo); Каліфорнійська академія наук у Сан-Франциско (архітектор Ренцо Піано) [12, 9, 6]. Зараз Україна набирає обертів у розвитку будівництва ландшафтного даху, і вже має декілька успішно реалізованих проєктів. Серед них – дах торгового центру у Дніпрі "Cascade Plaza" (компанія ZinCo) [10, 7, 3].

Список використаних джерел

1. Зелений дах в Україні: реальність чи фантастика | Статті ДеревоДім. Модульні будинки та дерев'яні будинки з бруса | Проектування і будівництво будинків, лазень з дерева в Україні | ДеревоДім. URL: <https://derevodim.com.ua/blog/zelenyi-dakh-v-ukraini-realist-chy-fam> (дата звернення: 15.03.2024).

2. Зелений дах: види і особливості встановлення. *dominant-wood.com.ua*. URL: <https://dominant-wood.com.ua/uk/blog/statti/zelenij-dah-vidi-i-osoblivosti-vstanovlennya> (дата звернення: 19.03.2024).

3. Зелений дах: як озеленюють покрівлі в Україні і світі. *InfoKava.com*. URL: <https://infokava.com/39069-.html> (дата звернення: 07.02.2024).
4. URL: <https://reporter.zp.ua/ozelenennya-dahiv-dovidka-l-uk.html> (дата звернення: 25.03.2024).
5. Озеленення даху. *Ландшафтний дизайн Renesans Style*. URL: <https://www.renesans-style.lviv.ua/ozelenennia-dakhu/> (дата звернення: 20.11.2023).
6. Репатацька Е. Підбір асортименту рослин для озеленення дахів у м. Вінниця : Випускна кваліфікаційна робота : 206. Вінниця, 2023. 49 с. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/33519.pdf> (дата звернення: 03.04.2024).
7. Сад бібліотеки Варшавського Університету (Ogrod BUW). *sad.ukr.bio*. URL: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/6690/> (дата звернення: 07.02.2024).
8. URL: <https://www.rooftophub.com.ua/journal/le-corbusier/> (дата звернення: 06.02.2024).
9. Сад на даху: як озеленюють покрівлі в Україні та світі – Хмарочос. Хмарочос. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/03/16/sad-na-dahu-yak-ozelenyuyut-pokrivli-v-ukrayini-ta-sviti/> (дата звернення: 21.04.2024).
10. Сади на дахах: як у всьому світі впроваджують зелені покрівлі. URL: <https://rybalsky.com.ua/green-roofs/> (дата звернення 20.11.2023).
11. Ткаченко Т., Ткаченко О. Сучасний стан використання "зелених конструкцій" в урбоценозах. *Збірник наукових праць ДонНАБА*. 2019. Т. 15, № 1. С. 3–30. URL: <https://donnaba.edu.ua/journal/images/1-2019-15/3.pdf> (дата звернення: 15.03.2024).
12. Equinor (tidligere Statoil). *Hele Bårum*. URL: <https://barumhistorie.no/Fornebo%20og%20Snaroya%20veb/Equinor.html> (дата звернення: 20.04.2024).
13. Kazlacheva Z. (2016). Roof garden as landscaping in morden times. *Journal of the Faculty of Technics and Technologies, Trakia University*. 2016. Vol. 4 (2). P. 160–166. URL: <https://eprints.ugd.edu.mk/16644/7/Binder1.pdf> (дата звернення 15.03.2024).
14. Önder S. Advances of Green Roofs for Environment in Urban Areas. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2014. 2. P. 2068–2074.
15. The Hundertwasserhaus – 3rd District, Vienna – Hive. *Hive*. URL: <https://hive.blog/hive-178708/@mers/the-hundertwasserhaus-3rd-district-vienna> (дата звернення: 17.03.2024).

Корнійчук М., Тищенко О.

e-mail: korniychuknikita0@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СТІЙКІ ДЕКОРАТИВНО-КВІТУЧІ ТРАВОСТАНИ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ: ВІДТВОРЕННЯ НАПІВПРИРОДНИХ ЛУКІВ

Korniichuk M., Tyshchenko O. Resilient ornamental flowering grasslands in urban environments: recreating semi-natural meadows

The study explores semi-natural meadows as a sustainable approach to urban restoration, enhancing biodiversity and resilience with minimal maintenance. Their implementation depends on adapting species composition and management. To explore practical applications, a small-scale experimental meadow was established in O.V. Fomin Botanical Garden, with initial results expected in 2025.

Сучасна урбанізація призводить до суттєвої трансформації природних ландшафтів, що негативно впливає на біорізноманіття та екологічну стійкість міських територій. У відповідь на ці виклики концепція сталого містобудування та екологічного планування дедалі активніше включає не лише збереження існуючих природних зон, а й впровадження інноваційних підходів до екологічної реставрації міських просторів. Одним із перспективних напрямів такої діяльності є створення напівприродних луків у міському середовищі.

Метою дослідження було обґрунтування доцільності створення напівприродних луків у міському середовищі як ефективного інструменту екологічної реставрації, збереження біорізноманіття та покращення екологічної стійкості урбанізованих територій.

Формування стійких декоративно-квітучих травостанів у містах є екологічно обґрунтованим підходом до озеленення, що сприяє збереженню біорізноманіття, підвищенню екологічної стійкості та естетичному збагаченню ландшафту. Концепція базується на використанні місцевих видів, адаптованих до урбанізованого середовища, що здатні сформувати стабільні

екосистеми з мінімальним доглядом [1, 6]. Лучні рослинні угруповання формуються на відкритих, достатньо зволжених екотопах, характеризуються домінуванням багаторічних злаків і різнотрав'я, виконують важливі екологічні функції. У міському середовищі напівприродні луки – це спеціально створені угруповання з місцевих видів, що мають високу екологічну пластичність і відповідають концепції "natural gardens" [2, 9]. Основні принципи їх створення передбачають використання місцевих видів, адаптованих до кліматичних і ґрунтових умов [6, 9]; видову різноманітність, яка підвищує екологічну стійкість та забезпечує екосистемні послуги [8]; мінімальне втручання людини, що сприяє саморегуляції екосистеми та зменшенню витрат на догляд за зеленою зоною [7].

Впровадження напівприродних луків у містах передбачає вибір ділянок, підготовку ґрунту, розробку чи придбання насінневих сумішей, висів насіння та подальший догляд. Найпридатнішими є добре освітлені локації з низьким рекреаційним навантаженням, такими як парки, узбіччя доріг, береги водойм і занедбані ділянки [6, 8]. Підготовка ґрунту передбачає видалення інвазійних видів, розпушування, внесення органічних матеріалів та коригування фізико-хімічних властивостей [2, 7], враховуючи місцеві умови та специфіку урбанізованого середовища [6]. Для створення стійких угруповань використовують насіння місцевих видів, отримане з природних луків (класи *Molinio-Arrhenatheretea*, *Trifolio-Geranietea sanguinei*, *Festuco-Brometea*, *Festucetea vaginatae*) або спеціально вирощене. Відбір видів базується на їх екологічних характеристиках, конкурентоздатності та естетичній цінності [2, 8, 9]. Висів здійснюють восени або рано навесні, забезпечуючи контакт насіння із ґрунтом шляхом легкого прикочування або мульчування для підвищення схожості [2]. Догляд передбачає регулярний моніторинг рослинного покриття та коригування за потреби. Дослідження свідчать про необхідність довгострокового спостереження для досягнення оптимальних результатів [7]. Висота травостою суттєво впливає на біорізноманіття міських луків. Напівприродні луки потребують менше догляду, ніж традиційні газони, мають високу

стійкість до посухи та сприяють естетично привабливому вигляду міських територій. Вони є ефективною альтернативою коротко скошеним газонам з точки зору підтримки біорізноманіття, що підтверджується дослідженнями В. А. Norton та співавторів [8].

Запропонований підхід до створення напівприродних луків має значний потенціал для впровадження в містах України. Відомий успішний приклад – експеримент із декоративними луками в Києві [5]. Досвід створення "natural gardens" із місцевих декоративних видів рослин [6, 9] підтверджує перспективність цієї концепції.

Ми заклали експериментальну ділянку (20 м²) у Ботанічному саду ім. О.В. Фоміна, де восени 2024 р. висіяли насіння, зібране з природних лучних угруповань. Випробувані насіннєві суміші мали співвідношення Fabaceae / Poaceae / різнотрав'я: 88/10/2 (злаково-домінантна), 30/20/50 (трав'янисто-домінантна) та 40/55/5 (бобово-злакова). Перші результати очікуються у вегетаційний сезон 2025 року.

Таким чином, створення напівприродних луків є ефективним інструментом екологічної реставрації в умовах урбанізації. Впровадження стійких декоративно-квітух травостанів у різних умовах дозволить оптимізувати методи їх створення та утримання, що сприятиме сталому розвитку міських екосистем. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення методів впровадження напівприродних луків; вивчення їхньої динаміки розвитку в умовах міста; оцінювання їхнього внеску в екологічну стійкість урбанізованих територій; розробку рекомендацій з інтеграції напівприродних луків у міські ландшафти.

Список використаних джерел

1. Bretzel F., Vannucchi F., Romano D., Malorgio F., Benvenuti S., Pezzarossa B. Wildflowers: From conserving biodiversity to urban greening—A review. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016. Vol. 20, No. 1. P. 428-436.
2. Baasch A., Engst K., Schmiede R., May K., Tischew S. Enhancing success in grassland restoration by adding regionally propagated target species. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 94. P. 583-591.

3. Scaccabarozzi D., Dixon K. W., Tomlinson S., Milne L., Bohman B., Phillips R. D., Cozzolino S. The role of legumes in promoting pollinator visitation and soil nitrogen enrichment in urban grasslands. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2020. Vol. 194, No. 3. P. 308–325.

4. Українська природоохоронна група (UNCG). Природо-орієнтовані рішення для міст. 2023. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/nbs-legal-report-ua.pdf> (дата звернення: 08.04.2025).

5. Рубрика. Екорішення: у столиці продовжать експеримент із декоративними луками. 2024. URL: <https://rubryka.com/2024/04/30/dekoratyvni-luky/> (дата звернення: 08.04.2025).

6. Akiyama T., Kawamura K. Grassland degradation in China: Methods of monitoring, management and restoration. *Grassland Science*. 2007. Vol. 53, No. 1. P. 1-17.

7. Slodowicz D., Descombes P., Kikodze D., Broennimann O., Müller-Schärer H. The relative effectiveness of different grassland restoration methods: A systematic literature search and meta-analysis. *Restoration Ecology*. 2021. Vol. 29, No. 6. P. e13356.

Кравцова П.

e-mail: polinkamk2001@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЕКОПРОСВІТА В БОТАНІЧНИХ САДАХ

Kravtsova P. Ecological education activities in botanical gardens

The study examines the role of botanical gardens in promoting ecological awareness and sustainable development. It highlights educational initiatives conducted by leading botanical gardens in Ukraine and globally during recent years. The research identifies general trends in combining scientific, conservation, and educational activities; however, the forms, outreach, and effectiveness of ecological education programs vary depending on the garden's specific context and resources.

Проблеми, які набувають актуальності сьогодні, пов'язані з загостренням глобальних екологічних викликів – зникаючим біорізноманіттям, зміною клімату й деградацією природних екосистем, що підкреслює необхідність формування екологічної

свідомості серед широких верств населення. Осередками для боротьби з цими викликами виступають ботанічні сади, які відіграють важливу роль у розвитку екопросвітницької діяльності. Вони займаються не тільки науковими дослідженнями й практиками збереження рослинного світу, але й освітньо-виховною роботою, сприяючи встановленню емоційного зв'язку між людиною та природою, розвитку екологічної етики та відповідальності за стан довкілля.

Ботанічні сади є ключовими інструментами для підвищення екологічної обізнаності суспільства, пропагуючи сталий спосіб життя серед різних соціальних груп та формуючи екологічний світогляд, спрямований на збереження біорізноманіття і сталий розвиток.

Проблема ролі ботанічних садів у системі екологічної освіти є важливою темою для дослідження як в Україні, так і за кордоном. У світовій науковій літературі сформовано ґрунтовну базу, яка охоплює аналіз екопросвітницької діяльності ботанічних садів, зокрема в контексті сталого розвитку, збереження біорізноманіття та формування екологічної свідомості населення. Важливим кроком у цій галузі стало створення міжнародною організацією Botanic Gardens Conservation International (BGCI) глобальних стратегій для посилення екологічної освіти через ботанічні сади. BGCI об'єднує понад 800 ботанічних садів по всьому світу, реалізуючи програми, такі як "Plants for the Planet" і "Global Strategy for Plant Conservation", які сприяють популяризації ідей сталого розвитку через діяльність ботанічних садів [8].

В Україні проблему ролі ботанічних садів у формуванні екологічної культури досліджують ряд науковців. Зокрема, Н. А. Горожанкіна обґрунтовує використання ботанічних садів для розвитку екологічного туризму [1]. Водночас Є. С. Бородай, А. М. Кабар, Ю. В. Лихолат та А. П. Бойко розглядають важливість залучення учнівської молоді до освітніх програм на базі ботанічних садів, зокрема в Дніпровському національному університеті ім. О. Гончара [2]. Теоретичні основи екологічної освіти через природу були предметом досліджень таких вчених, як І. А. Кононенко, О. Пригара, Н. П. Сірант [7]. Аналіз діяльності окремих ботанічних садів України, наприклад, Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка, свідчить про

активну участь у реалізації екопросвітницьких програм, що також знайшло своє відображення в роботах В. В. Красовського, Т. В. Черняк та інших дослідників [4]. Окремо виділяються роботи, присвячені сучасним підходам до екологічної освіти молоді, зокрема роботи Ю. В. Лихолата [5].

Ботанічні сади виконують багатофункціональну роль як наукові центри, осередки збереження біорізноманіття та платформи для екологічної освіти. Вони активно займаються екопросвітницькою діяльністю, проводячи інтерактивні екскурсії, організовуючи тематичні виставки та реалізуючи освітні програми для різних вікових груп. Такі відомі ботанічні сади, як Королівські ботанічні сади Кью (Велика Британія), Міссурійський ботанічний сад (США), Ботанічний сад Монреаля (Канада), активно реалізують програми сталого розвитку і сприяють популяризації знань про роль рослин у збереженні екосистем планети. Ці програми допомагають залучати населення до вирішення екологічних проблем через практичні заходи, навчальні сесії та проекти громадянської науки.

В Україні ботанічні сади також відіграють важливу роль у формуванні екологічної культури. Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка пропонує екскурсії, тематичні виставки та фестивалі, присвячені охороні рідкісних видів флори. Ботанічні сади, що є складовою частиною закладів вищої освіти, наприклад, Ботанічний сад ім. О.В. Фоміна КНУ імені Тараса Шевченка, Ботанічний сад НУБіП України активно інтегрують освітню діяльність з практичними заняттями та проектуванням сталих ландшафтів. Досвід Львівського ботанічного саду показує ефективність поєднання освітніх заходів з дослідницькою роботою студентів. Регіональні установи, такі як Криворізький ботанічний сад НАН України, Хорольський ботанічний сад, Національний дендрологічний парк "Софіївка" та інші, також активно реалізують екопросвітницькі програми, спрямовані на збереження локальної флори та відновлення природних екосистем.

Згідно з дослідженнями R. A. Dunkley, важливим механізмом підвищення екологічної свідомості є поєднання формальної та неформальної освіти на базі ботанічних садів [9]. В Україні активна участь молоді в екопросвітницьких проєктах також відіграє важливу роль, що підтверджується програмами Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара, де

реалізуються інтерактивні заняття, волонтерські акції та тематичні проєкти.

Як висновок, хочемо підкреслити, що діяльність ботанічних садів у сфері екологічної освіти охоплює різноманітні напрями та має значний потенціал для розвитку. Проте для підвищення ефективності цієї діяльності необхідно удосконалювати механізми оцінювання результативності екопросвітницьких програм, впроваджувати новітні технології та розширювати міжнародну співпрацю.

Список використаних джерел

1. Горожанкіна Н. Розвиток екологічного туризму в Україні на основі використання потенціалу ботанічних садів. *Економіка та держава*. 2021. Т. 6. С. 60–65. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/6_2021/90.pdf. (дата звернення: 11.04.2025).
2. Формування екологічної культури учнів на базі ботанічного саду ДНУ / Є. Бородай та ін. *The 2nd International scientific and practical conference "Topical issues of modern science, society and education"*. Харків, 2021. С. 302–305.
3. Кононенко І. А. Співвідношення понять "екологічна культура" та "культурна екологія". *Наукові перспективи*. 2022. № 6 (24). С. 115–124.
4. Красовський В., Козлов А. Ботанічний сад у системі ландшафтно́ї забудови міста Хорола : монографія. Полтава : Дивосвіт, 2018. 116 с.
5. Ю Лихолат. Сучасні підходи до організації екологічної освіти молоді у ботанічному саду ДНУ імені Олеся Гончара / Ю Лихолат та ін. *The XXXIII International Scientific and Practical Conference "Trends in the development of science in the modern world"*. Austria, 2022. – С. 251-256
6. Пригара О. Еколого-освітня діяльність природоохоронних установ Закарпаття. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2014. Вип. 10. С. 277–281.
7. Сірант Н. П. Естетичне виховання дітей засобами природи. *Молодий вчений*. 2016. № 2 (29). С. 338–340.
8. BGCI | Botanic Gardens Conservation International. *Botanic Gardens Conservation International*. URL: <https://www.bgci.org/>.
9. Dunkley R. A. The role of Citizen Science in environmental education: A critical exploration of the citizen scientist experience. *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research*. 2017. P. 213–230.

ВПЛИВ БІОФІЛЬНОГО ДИЗАЙНУ В УРАБНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА ПСИХОЛОГІЧНИЙ ТА ФІЗИЧНИЙ СТАН ЛЮДИНИ

Krasnikov D., Tyshchenko O. The impact of biophilic design in the urbanized environment on the psychological and physical states of a person

This study explores how biophilic design elements in urban environments influence changes in human physiological and psychological states. The research emphasizes the positive effects of natural elements on stress reduction, mood improvement, and cognitive function, and high-lights the need for developing personalized approaches to biophilic design in urban settings.

Вплив біофільного дизайну на психологічний та фізичний стан людини став предметом численних досліджень. Термін "біофілія" був запропонований соціальним психологом Erich Fromm (1964) для опису "любові до життя". Біолог і лауреат Нобелівської премії Edward Osborne Wilson (1984) розглядав цей термін, як "вроджену тенденцію зосереджуватися на житті та життєподібних процесах" [1], виходячи з еволюційної потреби людей у взаємодії з природним середовищем.

Таким чином, термін "біофілія" можна розглядати двояко – як еволюційно адаптивну характеристику та як емоційну реакцію, що формує зв'язок людини з природними системами та процесами [2]. З початку ХХІ ст. це поняття стало розвиватися в архітектурному контексті, привертаючи увагу до потреб людини у взаємодії з природним середовищем у будівельній галузі. Біофільний дизайн став одним із засобів для реалізації цього прагнення, пропонуючи рекомендації з інтеграції природних елементів у архітектурні об'єкти [1].

Метою дослідження є аналіз взаємозв'язку між біофільним дизайном в урбанізованому середовищі та його впливом на психологічний і фізичний стан людини.

Концепція біофільного дизайну була розширена та деталізована в роботі Kellert [3]. У цій праці виокремлено три основні підходи та 24 атрибути біофільного дизайну. Серед них особливу увагу приділено прямому пізнанню природи, яке включає такі елементи, як природне світло, вода, рослини, тварини та природні матеріали. Ці компоненти мають безпосередній вплив на фізичне і психологічне здоров'я людини, створюючи умови для відновлення емоційного балансу та зменшення стресу. Непряме пізнання природи, зокрема, використання біоморфних форм, натуралістичних візерунків і природних матеріалів, також сприяє підвищенню креативності та продуктивності. Ключовим є гармонійне інтегрування цих елементів у дизайн простору, що дозволяє створювати середовище, яке позитивно впливає на загальний стан людини та підтримує її благополуччя.

Дослідження показують [4], що біофільний дизайн має значний позитивний вплив на психологічне та фізичне здоров'я людини. Включення природних елементів у штучне середовище сприяє зменшенню рівня стресу та тривожності, покращенню когнітивних функцій і концентрації уваги, підвищенню продуктивності та креативності, прискоренню фізичного відновлення після хвороб або хірургічних втручань. Зокрема, доведено, що візуальні та тактильні зв'язки з природою, наприклад, інтеграція рослин у внутрішній і зовнішній простір, позитивно впливає на психоемоційний стан людини, покращує її самопочуття та сприяє відновленню когнітивних ресурсів [5]. Дослідження офісних і медичних закладів засвідчили, що природне освітлення, наявність зелених зон і доступ до панорамних краєвидів знижують втому та сприяють швидшому одужанню пацієнтів [4, 6].

Відомо, що перебування в середовищі, яке активно використовує природні елементи, може покращити продуктивність та емоційне самопочуття, зокрема, у робочих і навчальних приміщеннях і лікарнях. Використання натуральних матеріалів, біофільних форм та природних зображень має значний вплив на психологічний комфорт. Зокрема, інтер'єри з високим вмістом деревини (до 45 %) асоціюються у людей з

відчуттям затишку та природної гармонії [7]. Натуральні матеріали та зображення природи в інтер'єрах можуть стимулювати творчість та підвищувати продуктивність, сприяють створенню відчуття комфорту і спокою, зменшуючи рівень стресу. В офісах, де є доступ до природного освітлення або гарний природний краєвид з вікна, спостерігається підвищення продуктивності і поліпшення настрою співробітників. У навчальних закладах продуктивність здобувачів освіти зростає після впровадження елементів біофільного дизайну. Простори сфери обслуговування із природними біофільними елементами демонструють підвищену комерційну привабливість: споживачі охочіше обирають такі місця й готові оплачувати вищу вартість за послуги проживання у готелях і збільшувати середній чек під час покупок [8].

Особливу увагу варто приділити індивідуальним відмінностям у сприйнятті природних елементів. Наприклад, дослідженнями доведено, що реакція людей на біофільні елементи може суттєво відрізнятись. В експериментах Van den Berg і Ter Heijne [9] особи, що більше шукають гострих вражень (здебільшого чоловіки), позитивніше реагували на природні елементи, які інші, що уникали ризикованих ситуацій (здебільшого жінки), сприймали як загрозливі. Більше того, навіть у природному середовищі не всі люди здатні відчувати позитивний вплив природи. Дослідження Bixler і Floyd [10] показало, деякі люди надають перевагу контролюваному середовищу міських просторів, бо не відчують задоволення від перебування на природі. Тому, плануючи біофільний дизайн, важливо враховувати ці індивідуальні відмінності при проектуванні інтер'єрів та екстер'єрів задля досягнення максимального позитивного ефекту.

Підсумовуючи вищезазначене, вважаємо, що сучасні дослідження підтверджують, що інтеграція природних елементів в архітектурне середовище сприяє зниженню стресу, покращенню настрою, підвищенню когнітивних функцій та відчуттю загального благополуччя. Контакт із природними елементами і матеріалами позитивно впливає на психофізіологічний стан людей, однак для досягнення

максимального ефекту важливо враховувати індивідуальні потреби користувачів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на персоналізовані підходи до біофільного дизайну в умовах урбанізації.

Список використаних джерел

1. Zhong, W., Schröder, T., & Bekkering, J. Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review. *Frontiers of Architectural Research*. 2022. Vol. 11.1. P. 114-141.
2. Totaforti, S. Emerging biophilic urbanism: the value of the human–nature relationship in the urban space. *Sustainability*. 2020. Vol. 12.13. 5487.
3. Kellert, S. R. Nature by design: The practice of biophilic design. yale university press, 2018.
4. Fukumoto, H., Shimoda, M., & Hoshino, S. The effects of different designs of indoor biophilic greening on psychological and physiological responses and cognitive performance of office workers. *Plos one*. 2024. Vol. 19.7. P. e0307934.
5. Barton, J., & Pretty, J. What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis. *Environmental science & technology*. 2010. Vol. 44.10. 3947-3955.
6. Ulrich, R. S. View through a window may influence recovery from surgery. *science*. 1984. 224(4647). P. 420-421.
7. Tsunetsugu, Y., Miyazaki, Y., & Sato, H. Physiological effects in humans induced by the visual stimulation of room interiors with different wood quantities. *Journal of Wood Science*. 2007. Vol. 53. P. 11-16.
8. Біофільний дизайн: інновація або повернення до коренів? *Green Deer*: вебсайт. URL: <https://greendeer.com.ua/blog/biofilnij-dizajn-innovaciya-abo-povernennya-do-koreniv/> (дата звернення: 10.04.2025).
9. Van den Berg, A. E., & Ter Heijne, M. Fear versus fascination: An exploration of emotional responses to natural threats. *Journal of Environmental Psychology*. 2005. Vol. 25(3). P. 261-272.
10. Bixler, R. D., & Floyd, M. F. Nature is scary, disgusting, and uncomfortable. *Environment and behavior*. 1997. Vol. 29(4). P. 443–467.

Кржипенська А., Панюта О.

e-mail: annakrzypenska@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПІДБІР РОСЛИН ДЛЯ БІОФІЛЬНОГО ДИЗАЙНУ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕСТЕТИЧНІ АСПЕКТИ

**Krzypenska A., Panyuta O. The plants choice for biophilic design:
ecological and aesthetic aspects**

It is emphasized the choice of plants suitable for internal and external landscaping, according to ecological, aesthetic, and practical factors. External landscaping includes green roofs and container gardening using hardy, low-maintenance species. It supports sustainable urban development through careful plant choice and the integration of natural design.

З кожним роком населення планети зростає, будуються нові заводи, збільшується кількість транспорту, проводиться вирубка лісів, унаслідок чого збільшується кількість викидів парникових газів, які завдають шкоди навколишньому середовищу, населенню та тваринам. Через брак зелених насаджень, особливо у містах, втрачається охолоджувальна та тіньова дія дерев, зменшується поглинання вуглекислого газу, що призводить до погіршення стану повітря та утворення міських островів тепла. Тому для поліпшення екологічної ситуації необхідно озеленити міста, що сприятиме покращенню не лише екологічного, а й естетичного стану стан. Одним із методів, який допоможе в практичному озелененні міст, є біофільний дизайн [4].

Біофільний дизайн – це концепція в архітектурі та дизайні, згідно з якою людина повинна перебувати у природній та комфортній для себе обстановці, відчувати спокій, набиратись сил та енергії. Тому найголовнішими у цьому підході виступають рослини. Важливо не просто посадити рослини, а правильно підібрати їх залежно від умов росту, клімату та естетики [5].

Цей метод підходить як для внутрішнього так і для зовнішнього озеленення. Що стосується приміщень, то природні елементи, такі як вода, натуральні матеріали та рослини, значно покращують якість повітря у закритому просторі, підвищують

продуктивність праці, зменшують стрес. Гарним варіантом для внутрішнього озеленення є встановлення зелених стін або створення маленького внутрішнього саду.

Для створення живих стін часто використовують виткі рослини, особливо плющ (*Hedera L.*). Останнім часом у створенні зелених стін застосовують гідропоніку, яка дозволяє рослинам жити та рости без ґрунту. За допомогою цього методу ми можемо створювати окремі панелі (рис. 1) з живими рослинами, такими як хлорофітум (*Chlorophytum*), аспарагус (*Asparagus*), м'ята (*Mentha*), алое вера (*Aloe vera*) та прикрашати оселю [1].



Рис. 1. Панелі з живими рослинами [1]

Для створення внутрішнього саду можна використати бамбукову пальму (*Chamaedorea*). Ця рослина відома своїми властивостями очищати повітря, видаляє бензол і формальдегід [3]. Вона невибаглива, тому догляд за нею буде не складний. Також бамбукова пальма має ажурні листки, тому виглядає естетично. Незамінною рослиною у внутрішньому саду є мирна лілія (*Spathiphyllum wallisii*), яка видаляє з повітря токсичні речовини: формальдегід та ксилол [3], має білі квіти та глянцеві зелені листки. Ці дві рослини легко вирощувати, вони не потребують великої кількості світла та очищають повітря [6].

Для відкритого простору вибір рослин значно більший та різноманітніший. Включаючи біофільний дизайн в озеленення міст можна досягти покращення добробуту. Для того щоб досягти цього, можна створити зелені дахи. Вони не тільки мають привабливий вигляд, а й забезпечують гідроізоляцію та

теплоізоляцію покрівлі, очищують повітря та поглинають дощову воду [1]. Оскільки на даху будуть створені природні умови, то необхідно підібрати невибагливі, морозостійкі рослини. Для застилки даху слід використовувати морозостійкі трави. З невибагливих у догляді рослин можна використати седум (*Sedum*), молодило (*Sempervivum*). Для створення ще більш естетичного вигляду слід додати лугові квіти, дзвіночки (*Campanula*) [2]. Щоб дах не тільки виглядав привабливим, а ще й був корисним, доцільно додати лаванду (*Lavandula*), яка має приємний, заспокійливий аромат. Для різноманіття ароматів використовують різні види м'яти: шоколадну (*Mentha piperita* 'Chocolate Mint'), апельсинову (*Mentha piperita* 'Granada') тощо. Часто всі ці рослини використовують у терапевтичних садах.

Незамінним підходом у зовнішньому озелененні є контейнерне озеленення. У цьому разі слід використовувати рослини з невеликим коренем, які не потребують щорічного пересаджування. Найчастіше для контейнерного озеленення використовують низькорослі дерева та чагарники: сосну (*Pinus*), тис (*Taxus* L.), ялівець (*Juniperus*), самшит (*Buxus*) та спірею (*Spiraea* L.); квітучі рослини: бегонію (*Begonia*), петунію (*Petunia*), пеларгонію (*Pelargonium* L'Hér.), вербену (*Verbena*) і багаторічні рослини: хосту (*Hosta*), папороть (*Polypodiophyta*), гейхеру (*Heuchera*). Важливою перевагою контейнерного озеленення є те, що його можна використовувати в приміщенні, на терасах та балконах. Це буде виглядати естетично та зможе покращити емоційний стан, зменшити вміст шкідливих речовин у повітрі.

Оптимальний добір рослин для біофільного дизайну має першорядне значення у формуванні екологічно стабільних та комфортних міських й архітектурних просторів. Врахування біологічних характеристик, здатності адаптуватися до навколишнього середовища, вимог до догляду та декоративних властивостей рослин дає змогу ефективно інтегрувати природні компоненти в дизайн будівель та ландшафтів. Використання правильно підібраних рослин сприяє покращенню якості повітря, зниженню рівня шуму, регулюванню мікроклімату, а також підвищенню енергоефективності будівель. Ліани, контейнерні та ґрунтопокривні рослини формують живі стіни та вертикальні

сади, що поєднують естетику з екологічними перевагами. Подальші дослідження у сфері біофільного дизайну дадуть змогу вдосконалити критерії добору рослин згідно з регіональними кліматичними умовами, естетичними вимогами та функціональним призначенням просторів, що сприятиме гармонійному розвитку урбаністичних територій.

Список використаних джерел

1. Біофільний інтер'єр. що це? *EDS*: вебсайт. URL: <https://eds.ua/blog/article/biophilic-interior-description> (дата звернення: 25.03.2025).
2. Дементьєва О., Котовська Ю., Дерконос М. Підбір асортименту декоративних рослин для озеленення храмів та соборів міста Херсон. Збірник наукових праць ЛОГОС. 2020. №1. С. 61-62. <https://doi.org/10.36074/30.10.2020.v1.20> (дата звернення: 25.03.2025).
3. Дизайн, натхненний природою: біофільні елементи в стійкій архітектурі. *Constructive Voices*: вебсайт. URL: <https://constructive-voices.com/uk/дизайн,-натхненний-природою,-біофільні-елементи-в-стійкій-архітектурі/> (дата звернення: 25.03.2025).
4. Природа в мегаполісі: поєднання зелених насаджень із міським дизайном. *Constructive Voices*: вебсайт. URL: <https://constructive-voices.com/uk/Природа-в-мегаполісі-поєднує-зелені-зони-з-міським-дизайном/> (дата звернення: 20.03.2025)
5. Krivomaz T., Tyshchenko O., Suleymanov I. Plants for biophilic design in green building. Theory and practice of design. Landscaping. 2022. 1(25). P. 236-248.
6. Kvitofor: вебсайт. URL: <https://kvitofor.ua/ua/publications/yak-virostiti-mirnu-liliyu/> (дата звернення: 25.03.2025).

Лисучевська М., Косик О.

e-mail: lysuchevska@icloud.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

РОЛЬ МЕМОРІАЛЬНИХ ПАРКІВ У ФОРМУВАННІ СУЧАСНОГО УРБАНІСТИЧНОГО ПРОСТОРУ

Lysuchevska M., Kosyk O. The role of memorial parks in the formation of modern urban space

The study explores the significance of memorial parks as unique elements of the urban environment that combine cultural memory, landscape

architecture, and public functions. Based on case studies from selected Ukrainian cities, the research highlights how memorial parks contribute to the shaping of spatial identity, emotional perception, and sustainable development of urban areas. The paper analyzes differences in planning approaches, symbolic functions, and spatial integration of such parks within diverse urban contexts.

Меморіальні об'єкти відіграють важливу роль у формуванні урбаністичного простору міста протягом тривалого періоду. Їх основна мета – сприяти збереженню пам'яті про минуле та запобігати повторенню трагічних подій у майбутньому. З кінця XIX ст., з розвитком меморіальних просторів, архітектурні підходи до дизайну таких просторів значно змінилися. Зокрема, меморіали почали включати в себе тактильні, слухові та візуальні елементи. Вони є інтерактивними, залучають громадян до безпосередньої участі у збереженні пам'яті та історії.

Сучасні меморіальні ландшафти мають кілька характерних рис. Вони включають урбаністичні простори, які поєднують архітектурні та природні елементи. Різноманітність матеріалів, форм і композицій у таких просторах має на меті створити не лише естетичну цінність, але й взаємодію з людьми. Одним із таких прикладів змін у меморіальному дизайні є меморіал ветеранів В'єтнамської війни, створений Маяс Лін у 1982 р. Його дизайн став новим етапом у розвитку концепції інтерактивних меморіальних просторів, де абстрактні форми у ландшафтному середовищі заохочують користувачів до активної взаємодії, використовують різні архітектурні та ландшафтні елементи для створення нового чуттєвого досвіду.

Меморіал у контексті урбаністичного простору розглядається не лише як статичний об'єкт вшанування пам'яті, але й як інтегральний елемент міського ландшафту, який взаємодіє з навколишнім середовищем, органічно поєднує пам'ять про історичні події та особистостей з просторовою ідентичністю міста. У сучасних умовах та еволюції культурних запитів, меморіальні форми зазнають трансформацій, і виникають нові підходи до ландшафтного вшанування пам'яті, що передбачають використання ландшафтно-архітектурної, екологічних та інтерактивних об'єктів, таких як скульптури, арт-інсталяції та

мультимедійні компоненти. Зміщення акценту з пасивного споглядання на активну участь відвідувачів перетворює меморіали на простори для емоційного переживання та рефлексії, які сприяють не лише збереженню пам'яті, а й формуванню колективної свідомості.

Сучасні меморіальні парки відрізняються використанням нових форм подачі інформації, зокрема цифрових технологій, інтерактивних табличок і мобільних додатків. Багатошаровість інформації – поєднання історичних подій, особистих історій та культурного контексту – дозволяє створити глибше розуміння подій. Важливим є баланс між символізмом та прямою подачею інформації, щоб інформація була доступною та зрозумілою для відвідувачів. Меморіальний комплекс 9/11 у Нью-Йорку є яскравим прикладом такого підходу, де поєднуються імена загиблих, аудіогіди, архіви та мистецькі інсталяції.

Інтерактивність сприяє сприйняттю та усвідомленню. Тактильні елементи та інтерактивні експозиції дозволяють відвідувачам активно взаємодіяти з простором. Технології, такі як доповнена реальність, QR-коди та звукові ефекти, переносять відвідувачів в інший час та простір, створюють більш інтенсивну взаємодію з історією. Гейміфікація та освітні програми, особливо для молоді, роблять меморіали інтерактивними. Меморіальний парк в Осло, де інтерактивні елементи допомагають усвідомити історичний контекст, є прикладом ефективного використання таких технологій. Меморіальні простори класифікують залежно від того, як відвідувачі сприймають простір здалеку чи з близької відстані. Візуальні аспекти меморіалів тісно пов'язані з людським масштабом, оскільки вони формують конус зору користувача, створюють інтуїтивне сприйняття простору. Однак, крім візуального сприйняття, меморіали стимулюють і інші відчуття: кінетичні, тактильні, слухові та запахові, що додає глибини і емоційної насиченості.

Для вшанування пам'яті студентів і викладачів Київського національного університету імені Тараса Шевченка, які загинули внаслідок російсько-української війни, пропонуємо створити меморіальний простір на території університетського кампусу. Концепція передбачає інноваційне поєднання елементів

ландшафту та символічної картографії. Такий підхід не лише сприятиме увічненню пам'яті про загиблих, а й виконуватиме освітню й культурну функції.

Центральною ідеєю є оформлення алеї, поверхня якої трансформується в символічну "річку життя" – образ часу, змін та життєвого шляху. У її структуру буде інтегровано карту України з позначенням місць бойових дій – ключових точок спротиву під час війни. Кожен відвідувач зможе побачити географію боротьби, що стала спільним болем та джерелом гордості для університетської спільноти. До кожного з позначених місць додаватимуться імена загиблих студентів і викладачів, щоб надати меморіалові персоніфікованого характеру. Такий підхід формує глибокий емоційний зв'язок між минулим і сучасністю, дозволяє відчути втрату на особистісному рівні та виявити пошану до Героїв. Меморіальний простір стане не лише місцем пам'яті, але й важливим простором громадянського усвідомлення. Він допоможе студентам, викладачам та відвідувачам зануритися в досвід спільної пам'яті, взаємодіяти з історією та культурою національного спротиву.

Отже, меморіали у сучасному урбаністичному середовищі набувають нового значення, інтегрують в себе не лише архітектурні та дизайнерські елементи, але й культурно-соціальне значення. Нові підходи до ландшафтного вшанування пам'яті фокусуються на взаємодії між пам'ятними просторами та містом, створюють такі простори, які стимулюють багатосенсорний досвід відвідувачів. Важливим аспектом є розуміння меморіалів як частини урбаністичного ландшафту, де кожен елемент, від форми до матеріалів, відіграє роль у формуванні колективної пам'яті та соціальної інтеграції. Врахування фізіологічного впливу простору та його зв'язок із людьми дає змогу створювати простори, які не лише відображають історичні події, а й сприяють глибшому розумінню. Відтак меморіали в урбаністичному контексті є не лише символами, а й інтерактивними просторами, які стимулюють емоційне та сенсорне сприйняття, взаємодіють з оточенням.

Список використаних джерел

1. Олексійченко Н. О. Особливості тематичного навантаження меморіальних парків м. Києва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: (Лісівництво та декоративне садівництво)*. 2017. Вип. 187. Ч. 1. С. 99–105.
2. Сторожук С. В., Гоян І. М., Федик О. В. Роль колективної пам'яті в процесі формування національної єдності: український вимір. *Гуманітарний часопис*. 2018. № 1. С. 11–22.
3. Dimitropoulos H. The Character of Contemporary Memorials. *Places* 2009;21(1):52–5.
4. Mayo JM. War Memorials as Political Memory. *Geogr Rev* 1988;78(1):62–75.
5. Stroud Scott R, Henson Jonathan A. Memory, Reconstruction, and Ethics in Memorialization. *J Speculative Philos.*, 2019;33(2):282–99.
6. Stevens Quentin, Franck Karen A. Memorial As Spaces of Engagement: Design, Use, and Meaning. New York and London: Routledge; 2015.

Lytvyn K., Smirnov O.

e-mail: plantaphys@gmail.com

ESC "Institute of Biology and Medicine"

Taras Shevchenko National University of Kyiv

AL-BASED NANOSCALES AS HORMETIC RESPONSE EFFECTORS IN *FAGOPYRUM ESCULENTUM* SEEDLINGS

There is no single opinion on the influence of Al-based nanoscales on physiological and biochemical processes in plants in literature available – as positive so and negative effect is noted. Direct exposure of Al-based nanoscales leads to phytotoxic and enhancement alteration in different plants in morphological, cellular, biochemical and molecular levels.

The aim of this study was therefore to investigate of component sizes and composition of synthesized by electric-sparkle dispersing colloidal solution of Al-based nanoscales and determine its dose-dependent effects on Al resistance plant species.

Analysis of the results of morphological traits showed that total plant length, fresh and dry biomass per plant was increased in variants with 50 mg/L and 250 mg/L of Al-based nanoscales. Addition of

higher concentrations of nanoparticles (500 mg/L, 750 mg/L and 1000 mg/L) led to decrease of plant growth parameters. Fluctuation of leaf relative water content in variants with 50 mg/L and 250 mg/L of Al-based nanoscales was not detected. Level of RWC in leaves in variants with 500 mg/L, 750 mg/L and 1000 mg/L of Al-based nanoscales showed significant increasing of water deficit.

Our study showed a significant fluctuation of photosynthetic pigment content under Al-based nanoscales treatment. Enhancement effects of Al-based nanoscales on all pigments classes were noted in variants with 50 mg/L and 250 mg/L. Chlorophyll b and carotenoids increasing was observed in variants with 500 mg/L and 750 mg/L and 1000 mg/L of Al-based nanoscales.

The results of the study of the effects of Al-based nanoscales on phenolic and anthocyanin contents showed that addition of nanoscales induced the anthocyanin accumulation with a dose-dependent relation. Addition of 1000 mg/L of Al-based nanoscales led to maximum stimulatory response – 241 % of control level. The sharp increase of total phenolic content fixed in all variants of Al-based nanoscales treatments.

Our results of the study of the influence of Al-based nanoscales on the photosynthetic pigments content showed significant increasing of chlorophylls and carotenoids in variants with treatment by 50 mg/L and 250 mg/L of Al-based nanoscales. Ascending of nanoscales concentration led to decreasing of chlorophyll a content while chlorophyll b and carotenoids content remained above the control level. These pigments are considered adaptogens due to adaptive capabilities of these pigments which consists in quenching an excited state of chlorophyll and preventing formation of singlet oxygen and other reactive oxygen species. Total phenolic compounds and anthocyanins are also able to function as potential antioxidants and involves in adaptive response under stressors influence. Our study showed a significant dose-dependent increase of total anthocyanin content. The most significant increasing of anthocyanins was fixed in variant with 1000 mg/L of Al-based nanoscales, wherein total phenolic content non fixed significant difference between variants with 250 mg/L, 500 mg/L, 750 mg/L and 1000 mg/L. After a sharp increase in variant with 250 mg/L of Al-based nanoscales values of total phenolic content remained at the 130–145 % of control level percentage.

While some results have been concerned with the toxicity of Al-based nanoscales to plants others have focused on the possibility of using aluminium nanoscales as a fertilizer seeing enhancement effects. It has been shown that at certain concentrations of Al-based nanoscales increases plant growth, photosynthetic pigments, total phenolic and anthocyanin contents. Our experiments have provided evidence for characterize the morphofunctional responses of buckwheat plants as hormesis – a dose-response phenomenon that is characterized by low-dose stimulation and high-dose inhibition.

Литвинчук Д., Тищенко О.

e-mail: lytvynchukdaria@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

БЕЗБАР'ЄРНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ДИЗАЙН: ФОРМУВАННЯ ІНКЛЮЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА В УРБАНІЗОВАНИХ ПРОСТОРАХ

**Lytvynchuk D., Tyshchenko O. Barrier-free landscape design:
creating an inclusive environment in urban spaces**

Barrier-free landscape design creates accessible urban spaces for all, including people with disabilities, improving social integration and quality of life. This research emphasizes its role in urban planning, focusing on adaptive parks, sensory gardens, eco-trails, and public spaces, while leveraging modern technologies and sustainable materials to foster inclusivity.

Сучасний ландшафтний дизайн орієнтований не лише на естетику та екологічну стійкість, а й на забезпечення доступності для всіх категорій населення, зокрема, для маломобільних груп і осіб з іншими фізичними обмеженнями. Це стає особливо актуальним в Україні в умовах нових викликів, спричинених російською військовою агресією, у результаті якої кількість людей з інвалідністю вже перевищила 300 тис. [3]. Безбар'єрний ландшафтний дизайн передбачає створення просторів, що враховують потреби всіх користувачів, сприяючи соціальній інтеграції та підвищенню якості життя громадян. Впровадження адаптивних парків, сенсорних садів,

екостежок, інклюзивних громадських просторів є ключовими напрямами такої трансформації.

Мета дослідження – визначити основні принципи та практичні підходи до створення безбар'єрного ландшафтного дизайну в урбанізованому середовищі. Для досягнення мети були поставлені завдання: проаналізувати концепцію безбар'єрного ландшафтного дизайну та її значення для соціальної інтеграції населення; здійснити типіфікацію урбанізованих просторів, що підлягають адаптації; простежити сучасні підходи до створення інклюзивних громадських просторів; надати рекомендації щодо адаптації міських територій для людей з обмеженими фізичними можливостями.

Безбар'єрний ландшафтний дизайн є напрямом сучасного містобудування, що передбачає створення просторів, доступних для всіх груп населення. Він базується на принципах універсального дизайну, що передбачає безперешкодний доступ, мультисенсорну взаємодію, використовує адаптивні технології, природні матеріали та рослинні об'єкти як невід'ємну складову дизайну [2].

Основними типами просторів, що потребують адаптації згідно з концепцією безбар'єрного ландшафтного дизайну є [1, 2, 4]: інфраструктура для відпочинку та спорту, зокрема, парки, де адаптивність досягається через наявність доріжок з відповідним покриттям, тактильними та інтерактивними елементами, навігаційними знаками, зручними з'їздами, пандусами та місцями відпочинку для всіх категорій населення. Це стосується й інших складових міських зелених зон, що мають рекреаційне значення, експозиційних зон ботанічних садів, дендрологічних парків, зоопарків, парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, також дитячих і спортивних майданчиків, пляжів, фітнес-центрів, басейнів та інших спортивних об'єктів для людей з інвалідністю; сенсорні сади, створені із використанням рослин із вираженими текстурними, ароматичними або звуковими характеристиками, які можуть забезпечити терапевтичний ефект для людей із зоровими та психофізичними порушеннями; екостежки – спеціально спроектовані маршрути з доступним покриттям для людей на візках, включаючи спеціально обладнані зупинки та

відпочинкові місця; транспортна інфраструктура – адаптація транспортних зупинок, парковок, доріг, тротуарів, станцій метро, пішохідних переходів з урахуванням потреб маломобільних груп населення; освітні, медичні та культурні установи – адаптація навчальних закладів, медустанов, музеїв, театрів та інших культурних закладів для людей з обмеженими фізичними можливостями; торгові та комерційні об'єкти – створення доступних магазинів, ресторанів, кафе та інших об'єктів сфери обслуговування, що враховують потреби людей з інвалідністю; житлові комплекси та комунальні будівлі – пристосування будівель для доступу до ліфтів, сходів, санітарних вузлів, а також інші зручності користування приміщеннями людьми з обмеженнями руху.

Інклюзивні безбар'єрні дизайнерські простори, що враховують особливі потреби людей, створюються з використанням сучасних технологій та матеріалів. До них належать тактильні орієнтири та сенсорні матеріали; антиковзні покриття; інклюзивні меблі та модульні конструкції, які можна адаптувати під потреби різних користувачів; акустичні системи та звукові маячки; інтерактивні елементи та мультимедійні навігаційні системи; екологічно чисті та безпечні матеріали природного походження; низькоенергетичні системи освітлення. Впровадження адаптивних технологій для управління просторами сприяє створенню комфортного та доступного середовища для всіх користувачів.

Невід'ємною складовою доступності міських інклюзивних просторів є рослини, що сприяють взаємодії всіх користувачів. Серед них особливу увагу заслуговують групи пряно-ароматичних рослин, тактильних видів із різною фактурою органів, рослин з яскравими кольорами, рослин для вертикального озеленення, які можуть слугувати орієнтирами, забезпечувати додаткову тінь або створювати бар'єри від зовнішнього середовища. Придатними є рослини, що знижують рівень шуму, декоративні види у складі сезонних квіткових композицій, стійкі до витоптування газонні культури, водно-болотні рослини, що створюють спокійну атмосферу в інклюзивних водних садах. Важливим є використання безпечних та неінвазійних видів. Рослини здатні не лише збагачувати

естетичну складову ландшафтного дизайну, а й сприяти розвитку чуттєвих взаємодій, комфорту, доступності та безпеки для всіх користувачів інклюзивного простору.

Практичними рекомендаціями для широкого запровадження безбар'єрності у ландшафтному дизайні є: залучення користувачів із особливими потребами до проєктування інклюзивних маршрутів і зон відпочинку для врахування їхніх реальних запитів, дотримання універсальних принципів безбар'єрності, інтеграція адаптивних технологій, науково обґрунтований підбір видів рослин, застосування екологічно безпечних і довговічних матеріалів, а також систематичний моніторинг та оцінювання ефективності впроваджених заходів.

Таким чином, безбар'єрний ландшафтний дизайн є важливою складовою сучасного розвитку урбанізованих просторів, а його впровадження сприяє підвищенню рівня інклюзивності суспільства, покращенню якості життя людей з інвалідністю та формуванню комфортного міського середовища. Запропоновані підходи можуть бути ефективно застосовані як для адаптації існуючих просторів, так і для проєктування нових у процесі відбудови населених пунктів України, зруйнованих війною.

Список використаних джерел

1. Дронова О., Стефанська В. Люди з інвалідністю у середовищі великого міста. *Економічна та соціальна географія*. 2024. Вип. 92. С. 51-65. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2024.92.51-65>
2. Inclusive Cities: Rebuilding Ukraine to Be Truly Accessible. *EU Neighbours East*: вебсайт. URL: <https://euneighbourseast.eu/young-european-ambassadors/blog/inclusive-cities-rebuilding-ukraine-to-be-truly-accessible/> (дата звернення: 09.04.2025).
3. Number of people with disabilities increased by 300 thousand: barrier-free accessibility remains a challenge for Ukraine. *UNN*: вебсайт. URL: <https://unn.ua/en/news/number-of-people-with-disabilities-increased-by-300-thousand-barrier-free-accessibility-remains-a-challenge-for-ukraine> (дата звернення: 09.04.2025).
4. Trojanowska M. Sensory Gardens Inclusively Designed for Visually Impaired Users. *PhD Interdisciplinary Journal*. 2014. P. 309–317.

Парубець К., Ольхович О.

e-mail: ksenia_pr@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ У САДОВО-ПАРКОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ ТА ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ

Parubets K., Olkhovych O. The use of drones in park and landscape management

The study highlights the benefits of UAVs in landscape analysis, topography, and maintenance automation. Particular focus is on the classification of UAVs, multispectral analysis (NDVI, NDRE), cost efficiency, and ecological aspects. The risks of drone operation in public spaces are also analyzed.

Актуальність теми зумовлена потребою у підвищенні ефективності управління ландшафтними об'єктами, покращенні екологічного моніторингу та зменшенні витрат на догляд за територіями. БПЛА відкривають нові можливості в садово-парковому господарстві завдяки точності, автоматизації та ефективності.

Метою дослідження було визначити переваги та перспективи застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у садово-парковому господарстві та ландшафтному дизайні. Основні завдання передбачали класифікацію типів БПЛА, аналіз їхнього використання для моніторингу територій, створення 3D-моделей, мультиспектральну зйомку, автоматизацію догляду та економічну доцільність.

Історія створення і використання дронів почалася ще в XIX ст. Перші спроби застосування БПЛА відбулися в Австрії в 1849 р., а в 1910 р. американський інженер запропонував концепцію керованого літака без екіпажу. У 1980-х роках Японія почала масове застосування БПЛА в сільському господарстві. Із 2010-х років Китайська Народна Республіка стала світовим лідером у сфері аграрних дронів, зокрема компаніями XAG та DJI [1].

За призначенням БПЛА поділяють на агродрони (DJI Agras T50), моніторингові (DJI Mavic 3 Multispectral) та картографічні (DJI Matrice 300 RTK, eBee X). Вони бувають мультироторні –

маневрені та компактні та літакового типу – енергоефективні на великих площах [2].

Завдяки технологіям RTK, GNSS та LiDAR БПЛА допомагають створювати ортофотоплани, карти висот, цифрові моделі рельєфу. Їх використовують в проектуванні парків, оцінюванні рельєфу, дренажу та розміщенні зелених зон. Ортофотоплани мають точність вимірів до 2–5 см, що перевершує наземні методи [3].

Мультиспектральна зйомка дозволяє аналізувати відбиття світла у різних спектрах, особливо у ближньому інфрачервоному. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) і NDRE (Red Edge Index) допомагають виявляти проблеми у фітоценозах: дефіцит вологи, хлороз тканин, появу та масове розмноження патогенів і шкідників [4].

Автоматизація процесів – це одна з ключових переваг БПЛА. Дрони проводять ультрамалооб'ємне обприскування (1–10 л/га), рівномірно вносячи добрива, засоби захисту рослин або воду. Можливе застосування фумігації – гарячий туман із біологічно активними речовинами для контролю шкідників у важкодоступних місцях [5].

Важливо, що дрони не контактують із ґрунтом, а отже, не спричиняють його ущільнення, зберігають кореневу систему та мікрофлору. Це особливо актуально в ботанічних садах, парках і природних резерватах, де заборонено проїзд техніки.

З точки зору екології, дрони сприяють зменшенню кількості використаних хімікатів, а отже, і забруднення води та ґрунту. Крім того, більшість БПЛА працюють на акумуляторах, що дозволяє зменшити викиди CO₂ порівняно з традиційною технікою. Автоматизоване змішування препаратів та віддалене керування знижують ризик отруєння працівників [6].

Економічна ефективність впровадження БПЛА очевидна: зменшення витрат на воду, хімікати та паливе, а також скорочення потреби у робочій силі. Один оператор може керувати 4–6 дронами одночасно, що суттєво підвищує продуктивність.

Однак слід зважати й на обмеження. Використання БПЛА регулюється законом. У громадських місцях та під час дії

воєнного стану в Україні потрібен дозвіл обласної військової адміністрації. Заборонені польоти над масовими скупченнями людей, щільною забудовою та заповідними об'єктами без спеціального узгодження [7].

Отже, безпілотні літальні апарати є інноваційним, технологічно гнучким та екологічно безпечним інструментом для оптимізації догляду за зеленими зонами, парками, скверами та природними територіями. Їх впровадження сприяє зменшенню витрат, покращенню якості моніторингу й підвищенню ефективності ландшафтного управління.

Список використаних джерел

1. Еволюція повітряного внесення: від літаків до дронів. Aggeek. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/evolyutsiya-povityranogo-vnesennya-vid-litakiv-do-droniv> (дата звернення: 05.02.2025).
2. Романюк, О., Коваль, Л., Кулешов, В. та Захарчук, М. Класифікація безпілотних літальних апаратів : мат-ли Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)". Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/view/18659>
3. Костріков С., Кулаков Д., Сегіда К. Програмне забезпечення ГІС для LiDAR-технології дистанційного зондування в цілях аналізу урбогеосистем. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2014. № 19. С. 45–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbgo_2014_19_12 (дата звернення: 08.02.2025).
4. Ioja, I., Nedeff, V. and Nedeff, F. (2022). The use of drones in multispectral photogrammetry and thermoscaning. *Buletinul Institutului Politehnic Din IASI, Secția: Matematica Mecanică Teoretică Fizică*. 68(4), pp. 41-56. URL: <https://sciendo.com/article/10.2478/bipmf-2022-0018>. (дата звернення: 11.02.2025).
5. Безпілотні літальні апарати в авіаційних технологіях захисту рослин. "АгроЕліта". *Всеукр. аграрний журн*. URL: <https://agroelita.info/bezpilotni-litalni-aparatu-v-aviatsijnyh-tehnolohiyah-zahystu-roslyn/> (дата звернення: 12.02.2025).
6. Екологічні переваги точного землеробства. AgroRTK. URL: <https://www.agro.rtk.com.ua/ekologichni-perevagi-tochnogo-zemlerobstva/> (дата звернення: 12.02.2025).
7. Про затвердження Авіаційних правил України "Правила використання повітряного простору України" : Наказ Державної авіаційної служби України № 430/210. 2018. 1 трав. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#Text> (дата звернення: 18.02.2025).

Пряха Ю., Войцехівська О.
e-mail: yuliapryaha13@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГІДРОПОНІКИ ЯК ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

Priakha Y., Voitsekhivska O. Use of hydroponics methods as an innovative technology for greening the urban environment

In today's environment of rapid climate change and quick population growth, the development of an innovative method of growing plants without soil – hydroponics – is acquiring importance, which can not only solve the food problem but also successfully green exterior and interior space. Hydroponic technology has many advantages over traditional gardening methods, including reduced water consumption and making the most of the available space.

Зменшення природних ресурсів, швидка зміна клімату, енергоефективність і зростання населення є переконливими економічними аргументами для щільних форм міської забудови.

На сьогодні міста є осередками економічного та соціального розвитку, тому кількість багатомільйонних міст, як і щільність міського населення постійно зростає, що зумовлює цілий ряд викликів урбанізованого простору. Зокрема, вирішуючи питання озеленення населених місць, основною проблемою є аридизація клімату, деградація ґрунтів, забруднення повітряного та водного басейну токсичними сполуками антропогенного походження, нестача ресурсів та території для вирощування рослин.

Саме тому особливої актуальності набуває розвиток інноваційного методу вирощування рослин без ґрунту – гідропоніки, який стрімко набуває популярності в сучасному світі не тільки для вирішення продовольчої проблеми, а й як технологія при озелененні внутрішніх та зовнішніх інтер'єрів.

Концепцію вирощування рослин методом гідропонної культури впровадив у 1930-х роках в Університеті Берклі (Каліфорнія) доктор Уільям Фредерік Геріке. Спочатку ці

технології знайшли широке використання в тепличних господарствах, а в останні десятиліття – у космічних програмах, науково-дослідницьких центрах та новітніх системах землеробства [1].

Гідропонні системи відрізняються за типом субстрату та способом внесення поживного розчину: система глибоководних культур (DWC) – корені рослин постійно занурені у проточний живильний розчин; техніка живильної плівки (NFT) – глибина живильного розчину становить всього кілька міліметрів, і потік рідини тече через коріння плівковим способом; система періодичного затоплення (Ebb and flow) – заповнення ємностей з субстратом живильним розчином через певні проміжки часу; крапельний полив – розчин подається безпосередньо до кореневої системи через систему трубок із крапельницями; аеропоніка – корені рослин отримують поживні речовини й воду із сухого туману, створеного дрібнодисперсними розприскувачами [2, 3].

Гідропонні системи широко застосовуються в індустріальних країнах, таких як Австралія та Канада, і набувають все більшої популярності в багатьох азіатських країнах, де зростаюча кількість гідропонних оранжерей використовується для вирощування овочів, фруктів, зелені, декоративних, ефіроолійних та лікарських рослин.

Застосування гідропонних технологій має ряд переваг порівняно з традиційними методами озеленення. Цей метод вирощування рослин дозволяє: зменшити споживання води приблизно на 90 %, переробляти та повторно використовувати поживні розчини; прискорити масове вирощування садівного матеріалу найвищої якості; вирощувати рослини в умовах неродючого ґрунту, нестачі вологи. Гідропоніка також дозволяє отримувати максимальний приріст рослин з одиниці площі завдяки методології вертикального землеробства, яка максимально ефективно використовує доступний простір.

Гідропоніка дозволяє вирощувати рослини протягом всього року незалежно від сезонних або кліматичних обмежень. Стає доступним вирощування в контрольованому середовищі задля створення ідеальних умов для росту рослин, включаючи температуру, вологість, інтенсивність освітлення та

концентрацію поживних речовин. Завдяки цьому є можливість вирощування різноманітних культур різного призначення в будь-якій точці світу.

Точний контроль рівня поживних речовин і умов вирощування при гідропонному вирощуванні може покращити якість і декоративність рослин. Гідропонне вирощування може бути особливо важливим для вирощування трав і лікарських рослин завдяки потенціалу оптимізації конкретних сполук і активних інгредієнтів.

Гідропоніка також забезпечує середовище без ґрунту, завдяки цьому знижуючи ризик поширення шкідників і хвороб. Технології інтегрованої боротьби зі шкідниками можуть бути ефективніше реалізовані, використовуючи метод гідропоніки завдяки біологічному контролю і мінімізуючи потребу в засобах захисту рослин.

Таким чином, розвиток і впровадження гідропонних технологій у систему озеленення відкритих та закритих просторів має неабияку перспективність, призначена для професійних висококваліфікованих садівників та фахівців садово-паркового господарства.

Список використаних джерел

1. Comparison between Growing Plants in Hydroponic System and Soil Based System / R. Gashgari та ін. *The 4th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering*, 16–18 серп. 2018 р. 2018. DOI: <https://doi.org/10.11159/icmie18.131>
2. Rajaseger G. Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*. 2023. Т. 19, № 9. С. 925–938. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
3. Deblina R. Hydroponics: Soil-less Farming Technique. *AgriCos e-Newsletter*. 2022. 3. 43–45. URL: https://www.researchgate.net/publication/362519271_Hydroponics_Soil-less_Farming_Technique (дата звернення: 08.04.2025).

Рожко Є., Косик О.

e-mail: elizzavettarozhko@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ДИЗАЙН АРТ-ТЕРАПЕВТИЧНОГО САДУ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОГО УРБАНІЗМУ

Rozhko Y., Kosyk O. Design of art-therapeutic memory garden in the context of modern urbanism

The concept of a therapeutic garden as a space that combines the functions of emotional healing, social interaction, and memorialization is considered. Key aspects of creating an art therapeutic environment are analyzed: taking into account the needs of the target audience, types of interaction with the space, sensory stimulation, accessibility, and environmental sustainability. The design of creating a garden of memory with art therapy elements has been proposed as a combination of natural elements and architectural forms.

Терапевтичні сади, як простори, що покращують фізичне та ментальне здоров'я, є важливими компонентами сучасної медицини та міського планування. Основними елементами їхнього дизайну є функціональність, естетика та доступність. Вони мають бути створені таким чином, щоб задовольняти потреби конкретної групи людей, полегшувати взаємодію і забезпечувати комфорт протягом усіх сезонів.

Для створення терапевтичного простору важливе значення має поєднання природних елементів і архітектурних форм, які сприяють взаємодії з природою, відпочинку та відновленню. Такі сади можуть мати спеціальні зони для активностей, що допомагають у психоемоційному відновленні, зокрема через спостереження за природою та садівництво. Особливе значення слід приділяти продуманому підбору рослин, що має естетичне, лікувальне та символічне значення.

Сади повинні також включати елементи для соціальної взаємодії, що сприяють зв'язкам між людьми, підтримці спільноти та зменшенню ізоляції, що може бути важливим для арт-терапевтичних практик.

У контексті створення терапевтичних просторів, зокрема саду пам'яті з арт-терапевтичними елементами, важливо врахувати кілька ключових аспектів.

1. *Цільова аудиторія та її потреби*: враховуючи, що сад пам'яті може бути спрямований на людей, що пережили втрату, важливо створити атмосферу для рефлексії та внутрішнього спокою. Простір має відповідати потребам тих, хто відвідує сад для медитації, самоспостереження чи терапії.

2. *Типи взаємодії з простором*: сад повинен забезпечувати можливості для різних типів взаємодії, таких як інтроспективна залученість або активна участь. У саду можуть бути зони для тихої медитації, творчості або групових занять, таких як садівництво, малювання, створення скульптур.

3. *Аналіз простору та контексту*: під час проєктування важливо оцінити природне середовище та умови, що сприяють відновленню. Урахування кліматичних умов, освітлення, циркуляції повітря та типу ґрунту допомагає створити відповідний простір для арт-терапевтичних активностей.

4. *Рослини для сенсорного досвіду*: важливо вибирати рослини, які активізують різні органи чуття, що є важливим для емоційного відновлення. Наприклад, ароматичні рослини стимулюють відчуття запаху, а різноманітні текстури й кольори сприяють розвитку творчих здібностей та емоційної чутливості.

5. *Елементи дизайну*: сад може мати спеціально спроектовані простори для художніх активностей, такі як мозаїка, живопис чи скульптура. Важливо, щоб простір був доступним і відкритим для різних видів творчості, надаючи людям можливість виразити свої емоції через мистецтво.

6. *Інклюзивність і доступність*: дизайн саду пам'яті з арт-терапевтичними елементами повинен бути універсальним і доступним для всіх відвідувачів, включаючи людей з фізичними обмеженнями. Це включає забезпечення зручного доступу та інклюзивних елементів, таких як ліфти або спеціальні доріжки для інвалідних колясок.

7. *Екологічна стійкість*: проєктування терапевтичного саду має включати використання екологічно стійких матеріалів, що

сприяють збереженню природи, знижують витрати на утримання та покращують атмосферу для відвідувачів.

На основі проаналізованої інформації, нами було запропоновано ескізний проєкт "Сад пам'яті", ділянка якого розташована на території Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв, що розташована в Києві на території Національного Києво-Печерського історико-культурного заповідника, який є частиною Світової спадщини ЮНЕСКО. Ділянка має прямокутну форму та площу 670,48 м² з рівним рельєфом і багатою рослинністю, включаючи плодові та декоративні дерева, а також чагарники.

Проєкт передбачає створення арт-терапевтичного простору для вшанування пам'яті героїв російсько-української війни, випускників академії, які загинули за незалежність України. Метою є створення емоційно насиченого, естетично привабливого простору, що поєднує меморіальні елементи з арт-терапевтичними прийомами.

Зонування простору має три основні складові (рис. 1): центральна зона, місце для вшанування пам'яті та місце для спілкування. Ці зони гармонійно поєднуються, утворюючи єдиний, збалансований простір, що забезпечує функціональність, доступність і комфорт.



Рис. 1. Функціональне зонування

Отже, формування саду пам'яті з арт-терапевтичними елементами передбачає інтеграцію цих принципів для формування терапевтичного середовища, яке підсилює психоемоційне благополуччя відвідувачів через взаємодію з природою та підтримку соціальних зв'язків.

1. Кадуріна А. О. Історія садово-паркового будівництва та ландшафтно́ї архітектури: методичні вказівки для студентів 1-го курсу спеціальності 206 "Садово-паркове господарство". Одеса: Видавець С. Л. Назарчук, 2021. 28 с. УДК 712:94(076).

3. Outcomes of a Therapeutic Gardening Program in a Mental Health Recovery Center. *Occupational Therapy in Mental Health*. 2017. Vol. 33, No. 4. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0164212X.2017.1314207> (дата звернення: 10.04.2025).

Руденко О., Тищенко О.
e-mail: olexandrarozechka@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПОВІЛЬНІ МІСТА ТА ПОВІЛЬНА АРХІТЕКТУРА: СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

**Rudenko O., Tyshchenko O. Slow cities and slow architecture:
sustainable urban development**

The study analyzes how the concepts of Slow Cities, Slow Architecture, and Slow Gardening contribute to sustainable urban development by preserving local identity, enhancing well-being, and integrating natural elements in city planning, offering solutions to challenges such as rapid urbanization, environmental degradation, and climate change, particularly in the context of post-russian war urban reconstruction in Ukraine.

Сучасне міське середовище характеризується швидким зростанням, високою щільністю забудови та дедалі більшим відчуженням від природної та культурної спадщини. У відповідь на ці виклики рух Повільного життя (Slow Movement) запропонував концепції Повільних міст (Citta Slow) та Повільної архітектури (Slow Architecture), які акцентують увагу на сталість, добробут людини та збереження локальної ідентичності в міському плануванні та дизайні [4] і мають високий потенціал у створенні комфортних, стійких та екологічно відповідальних урбанізованих просторів.

Метою проведеного дослідження є аналіз концепцій Повільних міст та Повільної архітектури як стратегій сталого розвитку міського середовища, спрямованих на подолання наслідків швидкої урбанізації, збереження локальної ідентичності та гармонійного поєднання природних і культурних аспектів у міському плануванні.

Концепція Повільних міст. Рух Citta Slow виник у 1999 р. в Італії як продовження руху Slow Food, закликаючи міста зосереджуватися на якості життя, а не на швидкому економічному розвитку [6]. Основні принципи повільних міст передбачають: підтримку місцевої культури, традицій та сталого туризму;

розвиток зелених зон та інфраструктури, зручної для пішоходів; зменшення рівня шуму та забруднення повітря завдяки екологічному транспорту; підтримку місцевого бізнесу та ремесел; активну участь громади у міському плануванні [4]. Філософія концепції полягає в тому, як сповільнюватись задля речей, які мають значення, підкреслювати важливість якості, а не кількості, і практикувати свідоме споживання. Повільні міста сприяють уповільненому ритму життя, дозволяючи мешканцям усвідомлено взаємодіяти з навколишнім середовищем, одночасно підтримуючи економічну та соціальну динаміку [5].

Концепція Повільної архітектури. Повільна архітектура застосовує принципи руху Повільного життя у будівництві, наголошуючи на екологічно відповідному та контекстно-орієнтованому дизайні [1]. Основні принципи включають: використання місцевих та відновлюваних будівельних матеріалів; інтеграцію природних елементів у міське середовище (біофільний дизайн); створення довговічних і адаптивних споруд, орієнтованих на функціональність; формування соціальних т. зв. людських просторів, що сприяють соціальній взаємодії та добробуту тощо. Повільна архітектура враховує потреби як мешканців, так і екосистеми, тому тісно пов'язана з використанням місцевих екологічно чистих матеріалів. Прикладами повільної архітектури є традиційне житло, екологічно дружні урбаністичні проекти та низькоенергетичні будівлі, які гармоніюють із навколишнім середовищем [2].

Концепція Повільного урбанізму, що базується на інтеграції двох попередніх, може стати потужним інструментом для подолання сучасних викликів, як-от зміна клімату, соціальна ізоляція, деградація довкілля та надмірна урбанізація. Вона спрямована на створення стійкого міського середовища, що поєднує гармонійний розвиток громади, збереження місцевої ідентичності та відтворення природних ландшафтів. Принципи концепції включають багатofункціональність міських просторів, екологічний транспорт, комфортні умови для пішоходів і соціальної взаємодії, а також використання місцевих, екологічно чистих матеріалів у будівництві. Географ і урбаніст Ян Гел [3] наголошує, що якісне міське середовище має бути орієнтоване на

людей. Важливим є підтримка екологічного балансу, раціональне використання ресурсів і залучення громади до міського планування [5], що допомагає зменшити негативний вплив урбанізації та зберегти природні ресурси [3].

Концепція Повільного озеленення. Відомий популяризатор концепції американський садівник Фелдер Рашинг наголошував на важливості насолоди процесом садівництва, а не швидким результатом, заохочував садівників спостерігати за природними циклами, використовувати місцеві рослини та створювати сади, які відображають індивідуальність місцевої екосистеми [7]. Цей підхід цінує довгострокову стійкість, природні процеси та унікальні якості конкретного середовища. Він спонукає відійти від принципу швидко створених малостійких газонів чи декоративних квітників і натомість забезпечити паузу, споглядання та безперервність у швидкоплинному середовищі і зосередитися на підтримці стійких екосистем, здатних до регенерації. У той час як швидке озеленення часто призводить до появи монокультур, схильних до враження шкідниками і хворобами, повільне озеленення сприяє біорізноманіттю, використовуючи різноманіття рослин, які приваблюють корисних комах та птахів. Це створює збалансовану екосистему, яка може краще протистояти викликам і процвітати в довгостроковій перспективі.

З огляду на глобальні екологічні та соціальні тенденції, концепції Повільних міст, Повільної архітектури та Повільного урбанізму та Повільного озеленення пропонують ефективну модель розвитку урбанізованих просторів, що сприяють не лише сталому розвитку, а й створенню комфортного, безпечного, функціонального та естетичного життєвого середовища. Особливої актуальності ці підходи набувають у контексті відбудови України після масштабних руйнувань, спричинених російською військовою агресією. Використання екологічно чистих матеріалів, розвиток зелених зон, створення пішохідних маршрутів і залучення громад до процесу міського планування можуть стати основою для формування стійких і гармонійних міських просторів, які поєднують місцеві традиції, інноваційні підходи до планування та повагу до навколишнього середовища. Орієнтація на якість життя, локальну ідентичність та інтеграцію природних і

соціальних аспектів дозволить не лише відновити міста, а й закласти фундамент для їхнього довготривалого розвитку.

Список використаних джерел

1. Carmona M., Heath T., Oc T., Tiesdell S. Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design (3d ed.). London: Routledge, 2021. 672 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315158457>.
2. Fletcher V. Sustainable Urban Design: An Environmental Approach : монографія. London: Taylor & Francis, 2016. 288 p.
3. Gehl J. Cities for People : монографія. Washington, DC: Island Press, 2011. 288 p.
4. Mayer, H., & Knox, P. L. Slow Cities: Sustainable Places in a Fast World. *Journal of Urban Affairs*. 2010. 32(2). P. 197–220. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9906.2010.00495.x>.
5. Montgomery C. Happy City: Transforming Our Lives Through Urban Design : монографія. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2013. 368 p.
6. Pink S. Sense and Sustainability: The Slow Movement in the Urban Context. *Urban Studies*. 2008. 45(2). P. 295–312. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098007086855>.
7. Rushing F. Slow Gardening: A No-Stress Philosophy for All Senses and All Seasons : монографія. VT: Chelsea Green Publishing, 2011. 232 p.

Стеблівський М., Смірнов О.

e-mail: steblivskyi.maksym@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МОРФОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЛИСТКА ТА ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ПРОРОСТКАХ *SECALE CEREALE* L. СОРТУ "ХАРЛЕЙ F1" ЗА ДІЇ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ

Steblivskiy M., Smirnov O. Lear morphological parameters and photosynthetic pigments content in seedlings of *Secale cereale* L. cultivar Harley F1 under the influence of salt stress

The study evaluates the morphological and physiological responses of rye (S. cereale L.) to varying intensities of salt stress. By analyzing changes in pigment content and plant morphology, the research aims to determine salt tolerance limits of rye in saline environments.

Негативна дія сольового стресу на зернові культури становить важливу наукову та агропрактичну проблему. За даними літератури, засолені ґрунти виявлено щонайменше в 75 країнах світу, зокрема в Україні [1], і вони охоплюють понад 20 % глобальної площі, яка підлягає зрошенню [2]. У рослин, які зазнають впливу засолення, активується процес перекисного окислення ліпідів у мембранах хлоропластів, що зумовлює набряк, деформацію та деструкцію тилакоїдної мембрани, а також зменшення вмісту хлорофілів і каротиноїдів [3]. Жито посівне озиме (*Secale cereale* L.) вирізняється високим рівнем толерантності до багатьох стресорів, зокрема до низьких температур, дефіциту вологи й ураження фітопатогенами, а також характеризується стабільною продуктивністю і врожайністю [4]. Однак спектр доступних наукових даних щодо фізіолого-біохімічних особливостей окремих сортів даного виду, зокрема стійкості до засолення, залишається обмеженим [5].

Метою цього дослідження є встановлення меж стійкості сорту жита посівного "Харлей F1" до сольового навантаження різної інтенсивності. Завдання полягало у визначенні концентрації NaCl, за якої реєструється зміна морфологічних показників рослини, а також у вивченні впливу сольового стресу на вміст основних фотосинтетичних пігментів у листках 10-добових проростків жита. Результати роботи дозволять поглибити уявлення про солестійкість *S. cereale* L. і можуть бути використані при оптимізації агротехнічних підходів до його вирощування на засолених територіях.

Зростання концентрації хлориду натрію в поживному середовищі супроводжувалося зменшенням відношення довжини надземної частини до довжини кореня (рис. 1А), а також скороченням листової площі (рис. 1Б). Так, вказане співвідношення зменшилося на 7, 21, 41 % порівняно з контролем, тоді як площа листка зменшилася на 1, 22, 55 %, відповідно, за рівнів NaCl у середовищі 50, 125, 200 мМ.

Наявність NaCl у середовищі сприяла зниженню концентрацій основних фотосинтетичних пігментів порівняно з контрольною групою (рис. 2). Зокрема, при 50 мМ NaCl спостерігалось зменшення вмісту хлорофілу *a* на 22 %, хлорофілу *b* – на 16 %, каротиноїдів – на 23 %. За концентрації 125 мМ NaCl ці показники становили відповідно: хлорофіл *a* – зменшення вмісту

на 41 %, хлорофіл *b* – на 36 %, каротиноїди – на 39 %. За 200 мМ NaCl концентрація хлорофілу *a* знизилась на 46 %, хлорофілу *b* – на 42 %, каротиноїдів – на 46 %. Варто зазначити, що статистично достовірної різниці між показниками для концентрацій 125 та 200 мМ NaCl виявлено не було, що дозволяє розглядати їхній ефект як еквівалентний на заданому рівні значущості.

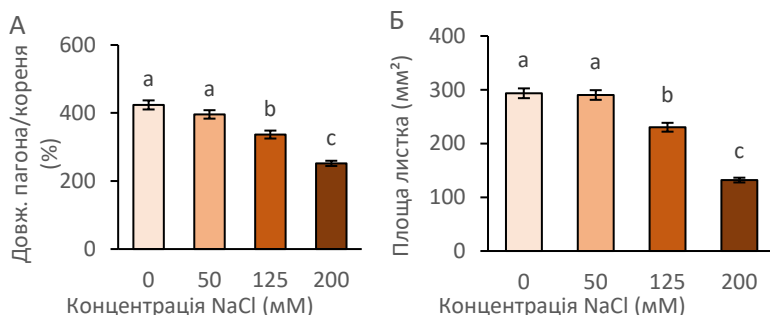


Рис. 1. Відношення довжини пагона до кореня (А), площа листової поверхні (Б) у 10-добових проростків *S. cereale L.* сорту "Харлей F1" за дії сольового стресу ($M \pm m$, $n = 30$): а, б, с – різні літери на стовпчиках вказують на статистично значущу різницю між їх середніми значеннями ($p < 0,05$)

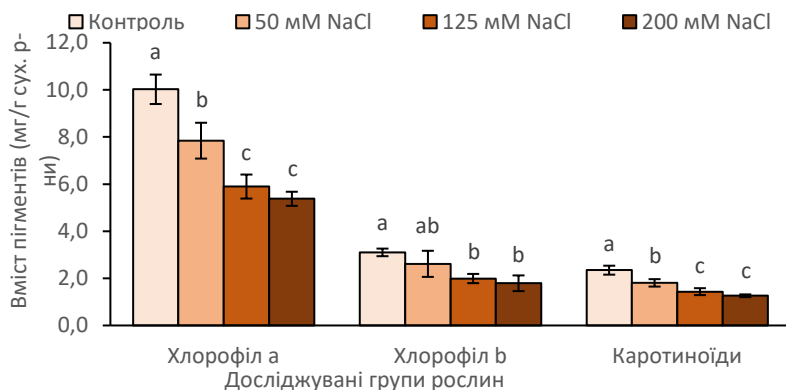


Рис. 2. Вміст хлорофілу *a*, хлорофілу *b*, каротиноїдів у листках 10-добових проростків *S. cereale L.* сорту "Харлей F1" за умов сольового стресу ($M \pm m$, $n = 3$): а, б, с – різні літери на стовпчиках у межах кожного окремого пігмента вказують на статистично значущу різницю між ними за $p < 0,05$

Таким чином, результати дослідження свідчать про негативний вплив сольового стресу на морфологічні параметри та вміст фотосинтетичних пігментів у проростках сорту жита посівного "Харлей F1". Встановлено, що підвищення вмісту NaCl у середовищі зростання пригнічує ріст рослин, зумовлюючи структурно-функціональні зміни, що можуть бути критичними для виживання культури в умовах засолення. Отримані дані мають потенціал для використання в селекційній практиці й агрономії.

Список використаних джерел

1. Балюк С. А. та ін. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 38–42. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ_2012_2_9 (Дата звернення: 13.01.2025).
2. Qadir, M. et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*. 2014. Vol. 38(4). P. 282–295. DOI: <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>
3. Shu, S., Guo, S., Sun, J., Yuan, L. Effects of salt stress on the structure and function of the photosynthetic apparatus in *Cucumis sativus* and its protection by Exogenous Putrescine. *Physiologia Plantarum*. 2012. Vol. 146(3). P. 285–296. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01623.x>
4. Hagenblad, J., Oliveira, H., Forsberg, N., Leino, M. Geographical distribution of genetic diversity in *Secale* landrace and wild accessions. *BMC Plant Biology*. 2016. 16 (1). No 23. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0710-y>
5. Sabluk, V., Kyienko, Z., Dymyrov, S. Analysis of varietal resources of rye (*Secale cereale* L.) in the State Register of Plant Varieties of Ukraine. *Plant varieties studying and protection*. 2018. Vol. 14(4). P. 431–439. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151914>

Цепур Є., Косик О.

e-mail: lizacepur16@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

МІСЬКІ САДИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ТЕРАПІЇ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Tsepur Ye., Kosyk O. Town Gardens as a Tool for Therapy and Rehabilitation in the Urban Environment

The article explores the therapeutic and rehabilitation potential of urban gardens as an important element of the modern urban environment. The emphasis is placed on their role in reducing stress, treating post-traumatic conditions, improving the psychophysical health of the population, and promoting social integration. The impact of green spaces on psycho-emotional state, physical health and social interaction is analysed.

Міське середовище, незважаючи на його статус осередку економічної активності та культурного розвитку, чинить відчутний вплив на здоров'я населення. Життя у місті супроводжується постійним впливом факторів стресу: надмірний шум, велике скупчення людей, забруднення повітря та вулиць стають звичною частиною щоденної реальності. Результати медичних обстежень осіб, які щодня користуються приміським транспортом, лише підтверджують поширене відчуття психологічного виснаження – регулярні поїздки спричиняють дратівливість, хронічну втому, підвищену тривожність і навіть агресивні реакції [3].

Дослідницька група Бранаса з'ясувала, що люди, які мешкають поблизу недавно озелених територій, на 60 % менше бояться виходити на вулицю [2]. Тому зелені простори міста крім виконання важливих екологічних завдань: покращення мікроклімату, підтримки біорізноманіття, зниження температури, очищення повітря, регуляція вологості, зменшення шумового забруднення, також є потужними терапевтичними просторами, де мешканці можуть відновити свої сили та покращити самопочуття.

У сучасному світі зростає інтерес до альтернативних методів лікування та реабілітації, які фокусуються на взаємодії з природою. Одним із таких напрямів є створення "реабілітаційних та

терапевтичних садів" – спеціально спроектованих просторів для фізичного, емоційного та психологічного оздоровлення. Такі сади стають важливим інструментом у лікуванні широкого спектра захворювань і розладів, а також сприяють покращенню якості життя різних груп населення.

Терапевтичні сади орієнтовані на лікування через контакт із природою. Вони забезпечують психічну розвантаженість та соціальну інтеграцію: зниження рівня стресу, покращення емоційного стану, створення місць комунікацій, розвиток міжособистісних зв'язків. Ключова перевага таких садів полягає в їхній здатності трансформувати урбаністичний ландшафт, перетворюючи його з техногенного простору на живе, комфортне середовище для людини. Основними елементами планування міського терапевтичного саду є доступність для різних груп населення, безпечність території, різноманітність рослин, зручна інфраструктура, наявність зон для різних видів активності. Терапевтичні простори умовно поділяються на: сенсорні сади, городи для трудотерапії, медитативні зони, соціальні простори, реабілітаційні майданчики.

Реабілітаційні сади – це сади, призначені для відновлення здоров'я та функцій організму після травм, операцій або захворювань. Вони створюються з урахуванням потреб пацієнтів, які проходять реабілітацію, і можуть включати спеціально підібрані рослини, зручні доріжки для прогулянок, місця для релаксації та фізичної активності. В Україні реабілітаційні сади стають частиною комплексного підходу до лікування. Все більше клінік, лікарень та реабілітаційних центрів починають впроваджувати сади у свої простори для підтримки пацієнтів. Зокрема, реабілітаційний сад на території Національної дитячої спеціалізованої лікарні "Охматдит" став важливим елементом сучасної медичної та соціальної підтримки пацієнтів [1]. Це унікальний простір, створений з урахуванням потреб дітей, які проходять лікування, їхніх родин, а також медичного персоналу. Наукові дослідження також підтверджують, що контакт із природою позитивно впливає на ментальне здоров'я, знижує рівень стресу та сприяє прискоренню одужання.

Таким чином, у сучасному урбаністичному середовищі, міські сади забезпечують покращення якості життя населення, створюють умови для реабілітації, сприяють розвитку соціальної взаємодії, формують екологічну стійкість міст та формування здорового суспільства.

Список використаних джерел

1. Реабілітаційний сад НДСЛ Охматдит. URL: <https://www.facebook.com/share/p/14fEgJGj9e/?mibextid=wwXIfr> (дата звернення: 21.11.2024).
2. Branas C. C. A Difference-in-Differences Analysis of Health, Safety, and Greening Vacant Urban Space. *American Journal of Epidemiology*. 2011. Vol. 174, No. 11. P. 1296–1306. DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwr273>
3. Kuo F. E., Sullivan W. C. Environment and Crime in the Inner City. *Environment and Behavior*. 2001. Vol. 33, No. 3. P. 343–367. DOI: <https://doi.org/10.1177/0013916501333002>

Шуляк В., Баданіна В.

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

e-mail: lerashuliak.0721@gmail.com

СУЧАСНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ПРИБУДИНКОВИХ ТЕРИТОРІЙ (НА ПРИКЛАДІ ЖК "SEVEN" М. КИСВА)

**Shuliak V., Badanina V. Modern landscaping of adjacent territories
(on the example of the residential complex "Seven" in Kyiv)**

The paper investigates modern trends in the greening of adjacent territories on the example of the residential complex "Seven" in Kyiv. The greening adjacent territories are analyzed. The work was aimed at identifying the key principles of greening and how effective they are in terms of environmental and functional aspects.

Важливим аспектом є екологічний вплив зелених насаджень, що особливо актуально для міст, де рівень забрудненості повітря є досить високим, а наслідки впливу острову тепла відчутними. Саме тому створення зелених зон, які допомагають регулювати мікроклімат у міських районах [1], сприяють поліпшенню мезо- і мікроклімату та санітарно-гігієнічних умов: сповільнюють

швидкість вітру, затримують пил і аерозолі, поглинають газові домішки з повітря, зменшують силу звукових хвиль тощо [2] є одним із шляхів зменшення негативного впливу урбанізації.

Зелені насадження серед забудови – невід’ємна складова зеленої зони міста, і сучасне озеленення в межах житлового комплексу є важливим елементом благоустрою та міського планування, необхідною умовою сьогодення. Особливо актуально створювати багатоярусні молодогоглядні зелені простори, які також впливають на психологічний стан мешканців, зменшуючи рівень стресу, покращуючи загальний стан здоров’я, а також підвищують естетичну привабливість житлових комплексів.

Метою роботи є аналіз та оцінювання сучасних підходів до озеленення прибудинкових територій на прикладі ЖК "Seven" у м. Києві. Відповідно до мети були поставлені такі завдання: створити фототеку рослин території ЖК у різні сезони; визначити функціональні зони на досліджуваній території та види озеленення; здійснити аналіз зелених насаджень, визначити їх типи; провести оцінювання їхньої ефективності щодо екологічності, функціональної та естетичної складової.

Опрацювання зібраних матеріалів проводили за допомогою загальнонаукових та спеціальних методів: фотофіксації, аналізу, узагальнення та систематизації.

Житловий комплекс "Seven" розташований у Дарницькому р-ні м. Києва (мікрорайон Позняки, вул. Дніпровська набережна, 18), введений в експлуатацію в 2019–2021 роках і належить до класу комфорт. ЖК зведено у прибережній зоні, що забезпечує гарні краєвиди на Дніпро та правий берег міста [3]. Окрім того, близькість ЖК до води та межування з приватним сектором забезпечують зв'язок з природою, екологічність, своєрідний затишок та комфорт для його мешканців.

Територія комплексу з трьох сторін оточена парканом, проте є відкритою, що допомагає інтегрувати спальний комплекс у міський простір. Водночас безпека мешканців забезпечується сучасною системою відеоспостереження та цілодобовою охороною.

На території ЖК "Seven" можна виділити такі функціональні зони: житлова, яка включає шість 25-26-ти поверхових будинків;

комерційні зони, розташовані на перших поверхах (магазини, кафетерії, ресторани, аптеки, стоматологічні клініки, салони краси), зона приватного ліцею Inventor School, вхідна зона з фокусною точкою у вигляді логотипу ЖК та зони паркування (багатоповерховий наземний паркінг для мешканців та гостеві наземні стоянки [4]), вдало інтегровані в ландшафтний простір.

На території ЖК облаштовані рекреаційні зони – зони активного дозвілля: 10 дитячих майданчиків та два спортивні майданчики, альтанки (для усамітнення) та місця для виходу собак. Усі зони розраховані для різних вікових категорій.

Структура простору ЖК передбачає можливість довгих прогулянок, у тому числі велопогулянок, та різних сценаріїв поведінки. Для візуального розширення пішохідного маршруту запроєктовано оглядовий майданчик з лавами. Відокремленість цього майданчика від інших зон ЖК дозволяє розглядати його як зону тихого відпочинку.

Здійснивши аналіз озеленення, ми дійшли висновку, що на території ЖК використано такі види озеленення: ландшафтне, вертикальне, контейнерне, вуличне та захисне. Останнє включає укріплення берегу водойми за допомогою георешітки та укріплення схилу, на якому розміщені будинки, за допомогою габіонів.

Житлова забудова насичена різноманітними типами зелених насаджень, серед яких: газони та насадження дерев та кущів, які представлені живоплотами, алеями, групами та солітерами. Привертають увагу чисті групи з трьох рослин, які повторюється по усій території ЖК, виступають у своїх обрисах як одне ціле і виконують декоративну функцію або ж функціонально відокремлюють різні зони дитячих майданчиків. Такий прийом об'єднує різні ділянки ландшафту в одне ціле і гармонізує простір.

Озеленення прибудинкових територій здійснено в регулярному стилі і представлене лінійними зеленими смугами газону між будинком та тротуаром із хвойними та листяними декоративними деревними рослинами як солітерами, а також бордюрами з бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare*) та барбарису Тунберга (*Berberis thunbergii*), що служать для поділу композицій вздовж фасадів будинків на окремі ділянки.

На території ЖК виявлено елементи вуличного озеленення: розділові смуги газону, зелені смуги рядових посадок кущів *Spiraea japonica* та *Physocarpus opulifolius* між тротуаром і внутрішньою проїзною частиною ЖК, посадки кущів в смузі замульчованої землі між тротуарами, багаторядні посадки деревних рослин з нерівним контуром, що повторюють вигини дороги та тротуарів і водночас створюють захищеність та приватність для пішоходів.

За попередніми підрахунками для озеленення ЖК використано близько 30 видів листяних і хвойних дерев та кущів. За допомогою живоплотів відокремлюються зони, різні за функціональним призначенням. Рослини з родів *Pinus*, *Picea* та *Juniperus*, які мають фітонцидні властивості, висаджені у вхідній зоні та поряд з дитячими майданчиками і надають декоративності у зимовий період. У ранньовесняний період акцентними рослинами є *Forsythia intermedia*, *Prunus cerasifera* 'Pissardii' та *Sorbus*. Спостерігається використання елементів топіарного мистецтва, особливо у вхідній зоні ЖК, що урізноманітнює зовнішній вигляд рослин та робить цікавішим простір.

Основними прийомами в озелененні є ландшафтне зонування, використання деревних декоративних рослин, стійких до міських умов. Сучасний урбаністичний стиль чудово підкреслює стиль забудов. Використовується мінімалістичний та функціональний підхід до озеленення. Декоративна символіка у вигляді скульптури "Seven" стилістично вписується в озеленення.

Отже, ЖК "Seven" – це простір, що відповідає соціальним потребам відпочинку, спілкування й активного дозвілля, він демонструє сучасний підхід до озеленення, що поєднує функціональність, екологічність та естетичність.

Список використаних джерел

1. Проект Програми розвитку зелених зон м. Києва. Київзеленбуд : вебсайт. URL: <https://kyivzelenbud.com/news/proyek-programy-rozvytku-zelenyh-zon-m-kyieva/> (дата звернення: 25.03.2025).
2. Коленкіна М. С. Озеленення населених місць: конспект лекцій для студентів денної форми навчання за спеціальністю 206 – Садово-паркове господарство. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. 125 с.

3. ЖК "Seven" : вебсайт. URL: <https://bild.ua/uk/zhk-seven-kiyiv> (дата звернення: 12.09.2024).

4. ЖК "Seven" : вебсайт. URL: <https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-seven-%D0%BA%D0%B8%D1%97%D0%B2> (дата звернення: 13.09.2024).

Яковенко І., Ольхович О.

e-mail: yakovenko.iryana@knu.ua

ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІПЛОЇДІЇ ТА МУТАГЕНЕЗУ У СЕЛЕКЦІЇ ВИНОГРАДУ

Yakovenko I., Olkhovych O. Application of polyploidy and mutagenesis in grape breeding

Grapevine cultivation is a key sector of agriculture that provides a significant share of the economic potential of many countries. Changing climatic conditions and emerging diseases pose challenges that require the application of modern breeding methods. These include polyploidy and experimental mutagenesis, which enable the development of grape varieties with improved characteristics. Polyploidy involves increasing the number of chromosomes in plant cells, leading to enhanced fruit size, higher yields, and resilience to adverse conditions. Experimental mutagenesis accelerates the development of varieties with new desirable traits through the use of physical or chemical agents, such as ultraviolet radiation or ethyl methanesulfonate (EMS). The study aims to explore the potential of these methods in developing new grape varieties resistant to diseases and environmental stress. The work provides an analysis of current polyploidy and mutagenesis methods and their comparative efficiency in grape breeding.

Виноградарство є однією з ключових галузей сільського господарства, що забезпечує значну частку економічного потенціалу багатьох країн. Змінювані кліматичні умови та нові захворювання створюють виклики для галузі, що вимагає застосування сучасних методів селекції. До таких методів належать поліплоїдія та експериментальний мутагенез, які дозволяють створювати сорти винограду з покращеними характеристиками. Поліплоїдія полягає у збільшенні кількості хромосом у клітинах рослин, що дозволяє отримати нові сорти

винограду зі збільшеними розмірами плодів, вищою врожайністю та стійкістю до несприятливих умов. Поліплоїдія може бути досягнута за допомогою хімічних речовин, таких як колхіцин, який інгібує поділ хромосом під час мітозу. Мутагенез передбачає створення мутацій за допомогою фізичних або хімічних агентів, що дозволяє пришвидшити отримання сортів з новими затребуваними ознаками. До мутагенів належать ультрафіолетове випромінювання або гамма-промені, а також хімічні сполуки, такі як етилметансульфонат (EMS). Ці агенти можуть викликати випадкові зміни в ДНК рослин, що створює нові варіанти з бажаними характеристиками. Мутагенез дає змогу створювати сорти з підвищеними властивостями, такими як стійкість до хвороб або зміни в смакових якостях плодів [1]. Такі рослини можуть бути адаптовані до екстремальних умов навколишнього середовища, що є вирішальним для розвитку виноградарства в умовах змін клімату.

Метою роботи є дослідження можливостей застосування поліплоїдії та експериментального мутагенезу в селекції винограду для створення нових стійких до хвороб та високопродуктивних сортів. Для досягнення мети було використано методи аналізу та порівняння наукових досліджень, монографій, статей і журналів з питань виноградарства, а також конкретних досліджень на тему поліплоїдії та мутагенезу в селекції винограду.

У роботі проаналізовано новітні методи поліплоїдії та мутагенезу, що застосовуються в селекції винограду, а також проведено порівняльний аналіз їх ефективності. Поліплоїдні рослини часто характеризуються збільшеними розмірами органів, такими як листки, плоди, стебла та коренева система, що може позитивно впливати на врожайність та адаптивність [1]. Однак поряд з цими перевагами, поліплоїди можуть мати й недоліки, такі як знижена життєздатність насіння, пізньостиглість та недостатня плодючість. Для подолання цих негативних явищ застосовуються подальші схрещування та селекційні методи. У роботі наведені конкретні приклади застосування цих методів для створення нових сортів винограду, зокрема в контексті українського виноградарства.

Українські науковці, такі як О.В. Ковтун, Н.М. Куликова, Л.М. Романенко, Павло Голодрига, Володимир Таїров та Євген Павловський, зробили значний внесок у розвиток виноградарства та виноробства, надаючи не тільки нові теоретичні знання, а й практичні рекомендації для вдосконалення цієї галузі. Їхні дослідження сприяли розвитку методів селекції винограду, покращенню технологій виноробства, а також допомогли зберегти історичну спадщину виноградарства. Наукові праці українських селекціонерів залишаються основою для сучасних дослідників та практиків цієї галузі.

У роботі наведені основні сорти винограду що використовувалися в селекційній роботі українськими вченими. Головним аспектом селекційної роботи стало використання як місцевих, так і іноземних сортів винограду, що дозволило розширити асортимент та підвищити стійкість виноградників до різноманітних факторів зовнішнього середовища. Вибір цих сортів став основою для розвитку нових гібридів, які й сьогодні використовуються в сучасному виноградарстві. У роботі також наведено характеристику деяких сучасних сортів винограду української селекції.

Ще одним аспектом сучасного виноградарства є дослідження хвороб винограду, оскільки виявлення та ефективна боротьба з хворобами є основою для збереження здоров'я рослин та забезпечення стабільних врожаїв. Різні наукові праці та ресурси дають глибоке розуміння природи захворювань винограду та методів їх боротьби. Сьогодні різні наукові установи приділяють велику увагу поширенню вірусних, бактеріальних та фітоплазмових інфекцій на виноградниках. Вони досліджують, як ці захворювання впливають на продуктивність винограду, змінюючи його фізіологічні процеси та знижуючи врожайність. Їхні праці допомагають зрозуміти механізми ураження виноградних рослин різними патогенами та необхідність застосування комплексних заходів для боротьби з ними.

Грибкові та бактеріальні хвороби винограду є серйозною загрозою для виноградників, оскільки вони можуть значно вплинути на врожайність і якість плодів. Серед грибкових хвороб найбільшу небезпеку становлять мілдью, оїдіум та сіра гниль, що

можуть швидко поширюватися і знижувати продуктивність рослин. Бактеріальний рак також є фактором, який може привести до значних втрат урожаю через пошкодження кореневої системи. Вірусні та фітоплазмові захворювання включають інфекції, які можуть викликати різноманітні симптоми, від спотворення листя до значного зниження врожайності. Одним із прикладів є вірусне захворювання "віялове жовтіння", яке спричиняється вірусом GFLV [2].

Для ефективної профілактики цих захворюваннями потрібно регулярно здійснювати моніторинг стану виноградників і використовувати відповідні методи захисту рослин.

Виявлення та лікування цих захворювань є складовою частиною успішного виноградарства, адже без ефективного контролю за хворобами неможливо досягти високих показників врожайності та якості продукції. Для боротьби з хворобами застосовують різні агротехнічні, біологічні та хімічні методи.

Для створення нових стійких до хвороб сортів винограду через поліплоїдію та мутагенез існують різноманітні сучасні методи, які дають можливість значно прискорити процес селекції та покращити характеристики сортів.

Список використаних джерел

1. Скалозуб Ю. Характеристика безнасінних сортів винограду та ступінь їх безнасінності в умовах Півдня України : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня "Магістр". Одеса, 2020. 71 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/2974>.
2. Загальна фітопатологія: навч. посіб / Н. Пінчук та ін. Вінниця, 2018. 272 с. URL: <http://www.vsau.vin.ua/repository/getfile.php/21042.pdf>.

ЦИТОЛОГІЯ, ГІСТОЛОГІЯ, ЕМБРІОЛОГІЯ
ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ



CYTOLOGY, HISTOLOGY, EMBRYOLOGY
AND HUMAN PHYSIOLOGY

¹Артюмкіна А., ²Щербак О., ²Ковтун С.

e-mail: kovtun_si@ukr.net

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця

Національної академії аграрних наук України

ОЦІНЮВАННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ТА ВИЖИВАНOSTІ РОЗМОРОЖЕНИХ СПЕРМАТОЗОЇДІВ БАРАНІВ РІЗНИХ ПОРІД

Artomkina A., Shcherbak O., Kovtun S. Assessment of the viability and thawed survivability of spermatozoa of rams of different breeds

The invention of cryopreservation has been a significant milestone in livestock production, but freezing and thawing can have a negative impact on sperm. Our work aimed to evaluate the quality of thawed sperm from rams of three different breeds. To do this, we modified the HOSt protocol. The results showed that the modified protocol can be used, the breeds do not significantly differ in the proportion of live sperm, and the survivability and absolute survivability of Karakul breed's sperm is significantly lower.

Серед численних біотехнологічних методів у тваринництві штучне осіменіння (ШО) є незамінним і полягає у введенні дози сперми в репродуктивний тракт самиці за допомогою інструментів. У поєднанні з іншими технологіями ШО підвищує генетичну цінність тваринам шляхом поширення використання самців із високими продуктивними характеристиками [1]. Ранні процедури збирання й обробки сперми та саме ШО були громіздкими. Однак незабаром переваги ШО стали очевидними. Воно набуло вирішального значення для поширення репродуктивного потенціалу плідників з елітними генетичними якостями, оскільки призвело до зменшення передачі хвороб між тваринами, дало можливості оцінювати продукування сперми та її характеристики, а також забезпечило використання сперми поранених, старих чи навіть загиблих самців.

Здатність зберігати життєздатність сперми до моменту запліднення стала головним досягненням у впровадженні організованого ШО через складну логістику, пов'язану з фрагментарним характером ферм у сільській місцевості. Методи

ШО овець із використанням свіжої сперми були доступні з 60-х років минулого століття, але застосуванню ШО з використанням замороженої сперми перешкоджала відсутність методів належної їх кріоконсервації. За відсутності кріопротектора двома явищами, через які процес кріоконсервації пошкоджує сперматозоїди, є утворення внутрішніх кристалів льоду та їх вплив на структуру сперматозоїдів і підвищення осмотичного тиску [2]. Кріоконсервація сперми має багато переваг: безстрокове зберігання сперми, легкість транспортування, зменшення стресу у тварин, більший вибір плідників і міжнародну торгівлю спермою плідників з елітними генетичними якостями. Однак заморожування все ще може призводити до значних пошкоджень сперматозоїдів, тому тестування сперми на життєздатність і виживаність сперматозоїдів є необхідним перед її використанням.

Метою нашої роботи було дослідження сперми шести баранів (три породи прекос, два – північно-українського м'ясо-вовняного харківського типу, один – каракульської породи), що зберігається в Банку генетичних ресурсів тварин Інституту розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН України. Тварини вказаних порід давно й ефективно розводяться в Україні [3].

Оцінювання проводили за допомогою тесту на гіпоосмотичний набряк сперматозоїдів (HOSt) і визначення виживаності сперматозоїдів поза організмом. HOSt використовує чутливість клітин до осмотичного стресу: помірний рівень осмотичного стресу впливає на плазматичну мембрану, що дає візуальну морфологічну реакцію. Зразки сперматозоїдів піддають впливу гіпоосмотичного розчину: якщо плазматична мембрана функціонує, відбувається ендосмос – клітини збільшуються в об'ємі (набрякають) і демонструють скручування хвоста, ймовірно, через те, що каудальні ділянки є більш пластичними, порівняно з головкою [4]. Методика проведення тесту на гіпоосмотичний набряк для сперми баранів відсутня. Тому перед нами стояло завдання адаптувати протоколи для людей і кнурів задля проведення тесту на спермі баранів, а також модифікувати їх задля зручності використання в умовах нашої лабораторії. До складу нашої варіації гіпоосмотичного розчину входять: 0,869 г натрію цитрату, 1,8 г фруктози та 10 мл дистильованої води. До

суспензії розмороженої спермодози та гіпоосмотичного розчину ми додавали етанол задля пригнічення розмноження мікроорганізмів у зразках і нігрозин для забарвлення тла, аби сперматозоїди було зручніше спостерігати у світловому мікроскопі. Достовірність результатів перевіряли порівнянням часток живих сперматозоїдів, отриманих за HOSt із препаратів сперми, забарвлених еозином і нігрозином.

Під час визначення тривалості виживаності сперматозоїдів поза організмом рухливість сперматозоїдів оцінювали за 10-бальною шкалою після кожного інтервалу від моменту повного розморожування спермодози. Оцінювання зразків за виживаністю й абсолютною виживаністю проводили за ДСТУ 7968:2015 "Сперма баранів заморожена. Технічні умови".

Встановлено, що результати модифікованого HOSt близькі до результатів забарвлення препаратів еозином-нігрозином (частки живих сперматозоїдів у зразку в середньому становила $41,49 \pm 5,6$ і $41,91 \pm 2,19$, відповідно). Цю варіацію HOSt можна використовувати для визначення відсотку життєздатних сперматозоїдів, якщо вона є більш зручною для виконання в умовах лабораторії. За часткою живих сперматозоїдів у суспензії одразу після повного розморожування спермодози всіх трьох порід значущо не відрізняються (прекос $41,74 \pm 3,26$ %, північно-український тип $43,53 \pm 6,37$ %, каракульська порода $41,12 \pm 1,18$ %). Через 4 год після розморожування спермодози немає значущої різниці між баранами породи прекос і північно-українського типу ($27,02 \pm 6,19$ % і $18,67 \pm 3,46$ %, відповідно). Баран каракульської породи мав найменшу частку живих сперматозоїдів через 4 год після повного розморожування спермодози ($9,25 \pm 1,72$ %). За виживаністю й абсолютною виживаністю немає значущої різниці між баранами породи прекос і північно-українського типу ($2,87 \pm 0,82$ і $3,1 \pm 0,5$ год, $19,67 \pm 4,11$ і $20,3 \pm 2,82$ ум. од., відповідно). Баран каракульської породи мав найнижчу виживаність й абсолютну виживаність ($1,6 \pm 0,33$ год та $13,28 \pm 1,93$ ум. од., відповідно).

Встановлено ефективність використання модифікованого тесту на гіпоосмотичний набряк сперматозоїдів (HOSt) для оцінювання життєздатності сперматозоїдів баранів. Це співставно з традиційним забарвленням препаратів еозином і

нігрозином, що робить її доцільною альтернативою. Аналіз показників виживаності сперматозоїдів після розморожування показав, що барани породи прекос і північно-українського м'ясововняного типу мають подібні результати, у той час як баран каракульської породи демонструє найнижчі показники виживаності. Ці результати вказують на доцільність застосування HOSt задля оцінювання сперматозоїдів баранів різних порід, що сприятиме підвищенню об'єктивності та зручності оцінювання в біотехнологічній практиці.

Список використаних джерел

1. Technical recommendations for artificial insemination in sheep / A. E. Gibbons et al. *Animal Reproduction*. 2019. Vol. 16, N 4. P. 803–809. DOI: <https://doi.org/10.21451/1984-3143-ar2018-0129>
2. Moore S. G., Hasler J. F. A 100-Year Review: Reproductive technologies in dairy science. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100, N 12. P. 10314–10331. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13138>
3. Штомпель М.В., Вовченко Б.О. Технологія виробництва продукції вівчарства : навч. видання. Київ, 2005. 343 с.
4. Hypoosmotic swelling test in epididymal ram (*Ovis aries*) spermatozoa / J. Vázquez et al. *Livestock Science*. 2013. Vol. 157, N 2-3. P. 618–622. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.023>

Архипова А.

e-mail: anastasiiaarhypova@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ КОРОТКОЧАСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ АНТАГОНІСТА КЛІТИННИХ РЕЦЕПТОРІВ АНДРОГЕНІВ ФЛУТАМІДУ НА ПОКАЗНИКИ СПЕРМОГРАМИ ДОРОСЛИХ ЩУРІВ

Arkhypova A. The influence of short-term application of the androgen receptor antagonist flutamide on the spermogram parameters of adult rats

The study is focused on the effect of androgens, in particular testosterone, on spermatogenesis by blocking androgen receptors through oral administration of the non-steroidal antiandrogen flutamide at a dose of 25 mg

per 100 grams of body weight for 5 days. The data include plasma testosterone levels, sperm motility and abnormal spermatozoa and their comparison with the intact control group.

В останні роки спостерігається тенденція до зниження фертильного потенціалу чоловічої частини населення. За даними дослідження, опублікованого в 2022 р., середня кількість сперматозоїдів у чоловіків по всьому світу знизилася більш ніж на 50 % з 1973 по 2018 рік. Темпи цього зниження зростали з 1,2 % на рік до 2,6 % після 2000 р. [1]. Існує ряд факторів, які можуть сприяти зниженню фертильності. До них належать вплив ендокринних дизрапторів (хімічних речовин, що порушують гормональний баланс), таких як фталати, які присутні в пластику та косметичці. Флутамід часто виступає позитивним контролем при дослідженні репротоксикантів (ендокринних дизрапторів). У зв'язку з цим метою даної роботи було дослідження впливу нестероїдного антиандрогену на процеси сперматогенезу статевозрілих щурів. Матеріали та методи включали пероральне введення впродовж 5-ти днів флутаміду ("Флутафарм", Україна) дозі 25 мг/кг маси тіла у вигляді суспензії в гелі Дорфмана. Після чого були дослідженні кількісні та якісні показники спермограми щурів. Спостерігалось збільшення кількості нерухомих сперматозоїдів на 67,9 % (табл. 1). Також відстежувалося зменшення нормальних форм на 47 % у щурів, що піддавалися впливу флутаміду, порівняно з контрольними щурами (табл. 1). Крім того, рівень тестостерону (Т) у плазмі крові підвищувався на 34,9 % (рис. 1).

Таблиця 1. Кількість нерухомих сперматозоїдів ($M \pm m$)

Назва групи	n	%
Контроль	5	$26,60 \pm 4,13$
Флутамід	6	$44,67 \pm 1,54^*$

* – $p < 0,01$ (порівняно з контрольною групою).

Таблиця 2. Загальна кількість нормальних форм сперматозоїдів ($M \pm m$)

Назва групи	n	%
Контроль	5	$79,40 \pm 2,41$
Флутамід	6	$49,83 \pm 0,95^*$

* – $p < 0,001$ (порівняно з контрольною групою).



Рис. 1. Вміст Т у сироватці щурів

Отже, короткочасне фармакологічне блокування однієї з ланок гормональної регуляції сперматогенезу, а саме, клітинної рецепції андрогенів, призводить до значного погіршення якісних та кількісних показників спермограми, що може свідчити про ключову роль андрогенів у завершальному етапі дозрівання сперматозоїдів у придатках сім'яників.

Отримані при виконанні роботи дані дозволяють використовувати оцінку рухливості і морфологічної будови сперматозоїдів як кінцеві точки в скринінгових дослідженнях речовин з потенційною антиандрогенною активністю з застосуванням флутаміду як позитивного контролю.

Список використаних джерел

1. Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis / H. Levine et al. *Human Reproduction Update*. 2017. Vol. 23, N 6. P. 646–659. DOI: <https://doi.org/10.1093/humupd/dmx022>

Богатирьова М., Кравченко В.

e-mail: mariab00463@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**ВПЛИВ СТРЕСУ НА ПОКАЗНИКИ УВАГИ,
ІМПУЛЬСИВНОСТІ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ:
РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО
ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ТЕСТУВАННЯ**

Bogatyrova M., Kravchenko V. The impact stress on indicators of attention, impulsivity and decision-making: results of comprehensive psychophysiological testing

This study examines the impact of sleep quality and stress on cognitive function and psycho-emotional state in 65 people aged 17 to 25. The results indicate that the level of stress and the psychoemotional state of the participants affect the peculiarities of cognitive functioning. Participants with moderate levels of stress demonstrated a decrease in attention span, slower information processing speed, and increased reaction time in visual attention and impulse control tests. A high level of depressive symptoms was accompanied by an increase in reaction time variability, which may indicate cognitive instability and reduced ability to concentrate. In addition, individuals with high levels of stress showed a more cautious behavioral strategy in tasks involving decision-making and risk, reflecting a tendency to avoid risk under conditions of emotional stress. The findings deepen the understanding of the impact of stressors on cognitive functioning and have important practical implications for the prevention of cognitive exhaustion and the development of psychological support programs for young people under conditions of increased emotional stress.

Відомо, що психоемоційний стан людини є важливим детермінантом когнітивного функціонування, зокрема процесів уваги, гальмування реакцій та прийняття рішень [8]. У сучасних умовах високої навчальної та соціальної напруги особливої актуальності набуває дослідження впливу стресу, тривожності та депресивних проявів на когнітивний контроль, що є важливим для молодіжного середовища [2]. Разом з тим, механізми впливу психоемоційного напруження на окремі когнітивні процеси залишаються предметом наукових дискусій. За даними окремих

досліджень, негативні емоційні стани асоціюються із порушеннями уваги, підвищеною імпульсивністю та змінами у процесах прийняття рішень [9]. Використання сучасних психофізіологічних парадигм, зокрема Go/NoGo, Dot Probe та Balloon Analog Risk Task, дозволяє комплексно оцінювати особливості когнітивного контролю в осіб з різним рівнем емоційного навантаження, що має важливе практичне значення для профілактики емоційного вигорання та раннього виявлення поведінкових порушень.

Вибірка дослідження складалася із 65 учасників, серед яких було 27 чоловіків та 38 жінок. Всі вони належали до однієї вікової категорії – від 17 до 25 років. Середній вік вибірки був 19,8 років, що відповідає характерним віковим показникам студентської молоді. Когнітивні функції оцінювалися за допомогою таких комп'ютерних тестів: Go-NoGo (реакція вибору кольорів) – для оцінювання імпульсивного контролю та гальмівних процесів [10]; N-Back (літери) – для аналізу оперативної пам'яті та виконавчих функцій [5]; Balloon Analog Risk Task (BART) – для вимірювання рівня ризикованої поведінки та здатності оцінювати ймовірність виграшу або втрати [4]; Dot Probe (зображення) – для дослідження уваги до емоційно значущих стимулів [1].

Для оцінювання рівня депресії, тривожності та стресу використовували опитувальник DASS-21. Також проводилося опитування на визначення оцінювання якості сну за допомогою Піттсбурзького індексу якості сну (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI), оскільки якість сну є складним і багатовимірним феноменом, який впливає на функціонування різних систем організму, включаючи нервову. Недостатня або фрагментована структура сну може негативно позначатися на когнітивних функціях, таких як увага, робоча пам'ять, виконавчий контроль та прийняття рішень.

Статистична обробка передбачала визначення відмінностей показників когнітивних тестів між групами з низьким, помірним та високим рівнем стресу за U-критерієм Манна–Уїтні. Статистичну значущість мали результати, значення ймовірності яких було менше 0,05 ($p < 0,05$).

Помірний рівень стресу супроводжувався зниженням точності $0,96 \pm 0,01$ (у групі з низьким рівнем стресу $0,96 \pm 0,004$) та збільшенням часу реакції $369,52 \pm 77,7$ мс ($129,2 \pm 47,77$ мс) та його розкиду (стандартного відхилення) у тесті виявлення точки Dot Probe, що оцінює увагу до зорових стимулів. Це може свідчити про те, що помірний рівень стресу негативно впливає на стабільність когнітивної обробки зорових стимулів. Зокрема, збільшення середнього часу реакції та його варіабельності (стандартного відхилення) вказує на знижену зосередженість та нестійкість уваги. Такий розкид реакцій може бути результатом коливань уваги, підвищеного емоційного збудження або труднощів у пригніченні реакцій на відволікаючі подразники, що характерно для стану легкого когнітивного перенавантаження в умовах стресу. Незначне зниження точності за цих умов додатково підкреслює зниження ефективності обробки інформації, хоча сам показник залишається відносно високим [6].

Високий рівень стресу позначався на тому, як поводити себе обстежувані в тесті з надуванням кульок, який оцінює імпульсивність та ризикованість. Так, обстежувані, в яких був високий рівень стресу за шкалою DASS-21, робили менше спроб надути кульку $3,68 \pm 1,20$, тобто були менш схильні приймати ризиковані рішення порівняно з групою з низьким рівнем стресу $4,36 \pm 0,16$. Важлива структура, яка відіграє роль у прийнятті рішень у балонному аналоговому тесті ризику, – це дорсолатеральна префронтальна кора (длПФК). Ця ділянка бере участь у когнітивному контролі та регуляції поведінки, особливо у стримуванні імпульсивних дій. Учасники, які демонструють більш обережну стратегію в балонному аналоговому тесті ризику (тобто зупиняються раніше, щоб уникнути вибуху кульки), мають вищу активність длПФК. Це вказує на те, що ця область допомагає аналізувати потенційні наслідки та регулювати імпульсивне прагнення до негайного виграшу [7].

Отримані результати можуть свідчити про те, що високий рівень стресу знижує схильність до ризикованої поведінки. Менша кількість спроб надути кульку в учасників з високим рівнем стресу вказує на посилену обережність, зниження імпульсивності або підвищене очікування загрози втрати. Це узгоджується з гіпотезою про те, що стрес активує поведінкові

стратегії уникання ризику, імовірно через вплив на префронтальні та лімбічні структури, що беруть участь у прийнятті рішень.

На сенсомоторні показники також впливав рівень депресії. Стандартне відхилення від середнього часу реакції в тесті реакції вибору між двома об'єктами було більшим у осіб, що набрали вищу кількість балів по шкалі депресії (109 мс) порівняно з обстежуваними з низькими балами по цій шкалі (82 мс). При цьому сам середній час реакції в групах не відрізнявся. Це свідчить про те, що вищий рівень депресивної симптоматики асоціюється з більшою варіабельністю когнітивної відповіді, попри те, що середній час реакції не змінюється. Підвищене стандартне відхилення може вказувати на нестійкість уваги, знижену когнітивну гнучкість або труднощі у підтриманні стабільного рівня обробки інформації, що характерно для осіб із депресивними станами. Це узгоджується з даними про те, що депресія супроводжується коливаннями у рівні зосередженості, сповільненими когнітивними процесами та порушенням регуляції психічної активності [3].

У ході дослідження встановлено, що рівень стресу та психоемоційний стан учасників впливають на особливості когнітивного функціонування. Учасники з помірним рівнем стресу демонстрували зниження стійкості уваги, уповільнення швидкості обробки інформації та збільшення часу реакції у тестах на візуальну увагу та контроль імпульсів. Високий рівень депресивної симптоматики супроводжувався зростанням варіабельності часу реакції, що може свідчити про нестабільність когнітивної діяльності та знижену здатність до концентрації. Крім того, особи з високим рівнем стресу виявляли більш обережну стратегію поведінки у завданнях, пов'язаних з прийняттям рішень та ризиком, що відображає тенденцію до уникнення ризику в умовах емоційного напруження.

Отримані результати поглиблюють розуміння впливу стресових факторів на когнітивне функціонування, а також мають важливе практичне значення для профілактики когнітивного виснаження та розробки програм психологічної підтримки молоді в умовах підвищеного емоційного навантаження.

Список використаних джерел

1. Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. / M. M. Bradley et al. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1992. Vol. 18, N 2. P. 379–390. DOI: <https://doi.org/10.1037/0278-7393.18.2.379>
2. Challenging Diagnosis of a Congenital Tracheal Malformation: Considerations From an Intensive Care Perspective / C. G. Morais et al. *Cureus*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.34404>
3. Neurocognitive intra-individual variability in mood disorders: effects on attentional response time distributions / P. Gallagher et al. *Psychological Medicine*. 2015. Vol. 45, N 14. P. 2985–2997. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0033291715000926>
4. Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). / C. W. Lejuez et al. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2002. Vol. 8, N 2. P. 75–84. DOI: <https://doi.org/10.1037/1076-898x.8.2.75>
5. Is the N-Back Task a Valid Neuropsychological Measure for Assessing Working Memory? / K. M. Miller et al. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2009. Vol. 24, N 7. P. 711–717. DOI: <https://doi.org/10.1093/arclin/acp063>
6. Ode S., Robinson M. D., Hanson D. M. Cognitive-emotional dysfunction among noisy minds: Predictions from individual differences in reaction time variability. *Cognition & Emotion*. 2011. Vol. 25, N 2. P. 307–327. DOI: <https://doi.org/10.1080/02699931.2010.494387>
7. Neural correlates of voluntary and involuntary risk taking in the human brain: An fMRI Study of the Balloon Analog Risk Task (BART) / H. Rao et al. *NeuroImage*. 2008. Vol. 42, N 2. P. 902–910. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.05.046>
8. Shields G. S., Sazma M. A., Yonelinas A. P. The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016. Vol. 68. P. 651–668. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.038>
9. van Hedger S. C., Keedy S. K., Kranz M. B., Phan K. L. Stress, Cognition, and Decision-Making: A Review. *Stress*. 2019. Vol. 22, No. 4. P. 403–410. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30978183/>
10. A formal cognitive model of the go/no-go discrimination task: Evaluation and implications. / E. Yechiam et al. *Psychological Assessment*. 2006. Vol. 18, N 3. P. 239–249. DOI: <https://doi.org/10.1037/1040-3590.18.3.239>

^{1,2}Бойко М., ¹Калмикова О., ²Кротеви́ч М., ²Дзюба І.
e-mail: ram@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
²ДНП "Національний інститут раку"

РОЛЬ WT-1 ТА P53 У ДІАГНОСТИЦІ ПІДТИПУ РАКУ ТІЛА МАТКИ

Boiko M., Kalmukova O., Krotevych M., Dziuba I. Role of WT-1 and P53 in the diagnosis of the subtype of endometrial cancer

This study analyzed WT-1 and p53 protein expression, myometrial invasion depth, and nuclear size in endometrioid (low/high-grade) and serous uterine corpus carcinomas at the National Cancer Institute (Kyiv) from September 2023 to March 2024. IGH testing for WT-1 and p53 is crucial for differentiating high-grade endometrioid from serous carcinoma.

Ендометрій – це слизова оболонка тіла матки, яка зазнає циклічних змін у відповідь на гормональні сигнали під час менструального циклу. Формування ендометрія має важливе значення для імплантації заплідненої яйцеклітини, і його підтримка має вирішальне значення для успішної вагітності.

Рак ендометрія є одним з найпоширеніших гінекологічних новоутворень з річним зростанням захворюваності ~1 %, імовірно через старіння населення та ожиріння [1]. Прогноз загалом сприятливий, але рак ендометрія високого ступеня злоякісності має високий ризик рецидиву з низькою виживаністю. Карциноми тіла матки мають гетерогенну патофізіологію, включаючи різні гістологічні типи та особливості [2]. Ендометріюїдні карциноми становлять більшість випадків (понад 83 %), тоді як серозні – лише 4–6 %. Різні типи карцином мають відмінності в патогенезі, поведінці та прогнозі.

Актуальність вивчення появи новоутворень ендометрія матки полягає в тому, що будь-яке порушення нормального росту та диференціації тканини ендометрія може призвести до різноманітних гінекологічних захворювань, зокрема до безпліддя, викидня, раку ендометрія [3]. Для точної діагностики проводять імуногістохімічне дослідження на WT1 та p53 для

диференційної діагностики ендометріюїдної G1/G3 та серозної карциноми тіла матки [5].

Метою цієї роботи було здійснити дослідження щодо експресії білків WT1 та p53 при ендометріюїдній G1/G3 та серозній карциномах тіла матки залежно від морфометричних параметрів у тканині.

Для гістологічного та імуногістохімічного дослідження (на p53 та WT-1) було відібрано 5 експериментальних груп по 20 пацієток у кожній:

- 1) контроль (ендометрій без патологічних змін);
- 2) ендометріюїдна інтраепітеліальна неоплазія;
- 3) ендометріальна ендометріюїдна аденокарцинома low-grade;
- 4) ендометріальна ендометріюїдна аденокарцинома high-grade;
- 5) серозна карцинома тіла матки.

Аналізуючи вікові особливості жінок, які звернулись з метою діагностики в Національний інститут раку, встановлено що середній вік пацієток становив 62 роки, від 30 до 94 років. Інтерпретація імунореактивності базувалась на визначенні гістохімічної оцінки (H-score), яка включає як інтенсивність фарбування (i), так і відсоток забарвлених клітин на кожному рівні інтенсивності (P_i) [4]. Також було проведене морфометричне дослідження, що включало 60 випадків, по 20 у кожній експериментальній групі з ендометріюїдною аденокарциномою (low/high-grade) та серозною карциномою тіла матки за метеріалами їх кюретажу та гістеректомії. Для кожного випадку вимірювали розмір щонайменше 30 ядер епітеліальних клітин залози, глибину інвазії в міометрій. Усі вимірювання було зроблено вручну за допомогою програми аналізу зображень ImageJ. Статистичний аналіз результатів проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel for Windows 2020 (Microsoft, США). Характер розподілу числових значень оцінювали з використанням U-критерію Манна–Уїтні.

В отриманих даних, у результаті морфометричного аналізу, рахувалось стандартне квадратичне відхилення, середнє арифметичне значення та його похибка. Результати представляли у вигляді засобів $\pm$ стандартне відхилення. Різниця між групами була проаналізована одним способом ANOVA (порівняння

різних груп) з апостеріорним тестом Тьокі. Різницю між групами вважали б значущими при $p < 0,05$. При статистичній обробці порівнювали контрольну групу пацієнтів, з хворими на ендометрію G1/G3 карциному тіла матки з серозною.

За умов експерименту, у результаті імуногістохімічного фарбування, в ендометріальній ендометріюїдній карциномі тіла матки спостерігався дикий тип експресії білка p53, а при серозній дифузна та сильна експресія або повна її відсутність (мутантний тип). Білок WT1 в серозній карциномі тіла матки є вогнищево-позитивним в 30 % випадків. Оцінювання імунореактивності (H-score) показала, що ендометріальна ендометріюїдна аденокарцинома демонструвала в більшості випадків слабе фарбування на p53 (+), тобто 12 % забарвлених клітин на кожному рівні інтенсивності. Серозна карцинома тіла матки в середньому демонструє сильну дифузну експресію p53 (+++) – 99 % забарвлених клітин ($p \leq 0,05$). Гістологічно типова ендометріюїдна аденокарцинома представлена неопластичними залозистими структурами з різними пропорціями солідного компонента та плоскоклітинним диференціюванням, має менший переріз площі ядра ($p \leq 0,0001$) та інвазію < 50 % у міометрій ($p \leq 0,05$), на відміну від серозної карциноми з вираженим ядерним плеоморфізмом та складною папілярно-залозистою або солідною архітектурою.

Отже, ендометріюїдна ендометріальна аденокарцинома high-grade та серозна карцинома тіла матки є швидко прогресуючими та високоагресивними. Для диференційної діагностики застосовувалось ІГХ-дослідження на білки p53 та WT-1, за допомогою яких було виявлено, що при ЕЕС спостерігається дикий тип експресії білка p53, а при серозній дифузна та сильна експресія або повна її відсутність (мутантний тип). Білок WT1 у серозній карциномі тіла матки є вогнищево-позитивним у 30 % випадків, на відміну від ендометріюїдної карциноми (експресія завжди відсутня).

Список використаних джерел

1. Cancer Statistics, 2010 / A. Jemal et al. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2010. Vol. 60, N 5. P. 277–300. DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.20073>

2. Cancer of the corpus uteri: 2021 update / M. Koskas et al. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2021. Vol. 155, S1. P. 45–60. DOI: <https://doi.org/10.1002/ijgo.13866>

3. Mescher A. L., Junqueira L. C. U. Junqueira's basic histology: text and atlas. McGraw-Hill Education. 2016. 14th ed. P. 98–110.

4. Tadrous P.-J. "Breast" in Diagnostic Criteria Handbook in Histopathology. In: W. John, Sons (ed.). A Surgical Pathology Vade Mecum. United Kingdom (UK). 2007. P. 258–266.

5. WHO Classification of Tumours Editorial Board. Female genital tumours. IARC Press. 2020. Vol. 4. 5th ed.

Голдер К., Подпалова О.

e-mail: golderkamelia@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ СТАТЕВИХ ГОРМОНІВ НА КОЛИВАННЯ АГРЕСІЇ

Golder K., Podpalova O. The Influence of Sex Hormones on Aggression Fluctuations

Aggression is one of the basic forms of social behavior, manifesting from early childhood and playing a significant role both in interpersonal interactions and in social life as a whole. In today's context, exploring its neurobiological basis allows for a deeper understanding of the mechanisms behind conflict, dominance, and the differences between male and female behavior. Particular attention should be given to sex hormones—testosterone, estrogen, and oxytocin—which influence aggressive behavior differently in men and women. Testosterone is associated with dominance and competitive behavior, while oxytocin and estrogen play a complex regulatory role in the context of social bonding and indirect aggression.

З еволюційної точки зору *агресія* – це пристосувальний механізм, спрямований на збереження ресурсів, виживання та розмноження. У ссавців вона визначає соціальну ієрархію та доступ до партнерів. Агресивна поведінка регулюється структурами мозку – гіпоталамусом, мигдалеподібним тілом і префронтальною корою, а також нейромедіаторами (серотонін, дофамін, норадреналін, ГАМК) і гормонами (кортикостерон,

вазопресин, глюкокортикоїди). Не менш важливу роль відіграють і соціальні чинники [1].

Згідно з *Міжнародною енциклопедією соціальних і поведінкових наук* (2015), чоловіки частіше виявляють фізичну та словесну агресію, а жінки – непряму, наприклад через плітки. Різниця між статями проявляється вже з двох років: дівчата раніше опановують мовлення, тоді як хлопчики більше вдаються до фізичної агресії. Із віком дівчата частіше вдаються до соціальної агресії (остракізм, чутки), а хлопці – до прямої фізичної. Це може бути пов'язано зі швидшим розвитком лобових часток у дівчат, що підвищує емоційний контроль.

У самців більшості видів вищий рівень андрогенів, зокрема тестостерону, що частково пояснює їхню агресивність. Тестостерон впливає на мозок (гіпоталамус, мигдалина, лобова кора). Кастраційні дослідження показали, що зниження тестостерону зменшує агресію, але не усуває її повністю. Отже, гормон – лише один із чинників агресії. У злочинців кастрація іноді зменшує сексуальність, але не агресію, що вказує на вплив особистісних рис і соціального навчання [4].

Немає стабільного зв'язку між рівнем тестостерону та агресією. Іноді саме агресія підвищує гормон, а не навпаки. За оглядом Дж. Арчера (2006), вплив тестостерону у дорослих дуже слабкий. Він не викликає агресію, а підсилює реакції мозку на загрозу: активізує мигдалину, знижує емпатію, збільшує впевненість та знижує контроль префронтальної кори. На тваринах доведено, що тестостерон стимулює дофамінову систему й мотивацію. Це не "гормон агресії", а "підсилювач контексту", як показує "гіпотеза виклику" Дж. Вінгфілда: гормон активізується у відповідь на виклик – конкуренцію чи загрозу [3].

Жіноча агресія складніша гормонально. Ключову роль відіграє не абсолютний рівень гормонів, а їх співвідношення (естроген / прогестерон). У жінок гормональний фон значно динамічніший, що ускладнює дослідження. Крім того, прогестерон перетворюється на численні нейростероїди з різною дією, а "естроген" охоплює кілька гормонів з відмінною фармакодинамікою. Слід також враховувати, що жіноча агресія часто маскована й не менш важлива в еволюційному плані, особливо для захисту потомства чи збереження статусу.

До 1970-х рр. жіночу агресію вивчали мало. Часто її пояснювали патологічними станами або "гормональними сплесками". Наприклад, самки шимпанзе мають низький синтез андрогенів, але проявляють агресію. Це пояснюється тим, що у них більше андрогенових рецепторів у певних ділянках мозку. Еволюція сприяла стратегічній агресії у самок – для змагання за ресурси, статус чи навіть знищення чужих дитинчат [4].

Деякі види мають домінують і агресивних самок (бонобо, гієни, лемури). У гієн самки фізично сильніші, проте в інших тварин високий рівень андрогенів не завжди пов'язаний з агресією. Наприклад, у бразильських морських свинок самки з високим рівнем андрогенів не є агресивними. Таким чином, жіноча агресія – це не лише гормони, а складна еволюційна стратегія, пов'язана з репродуктивною функцією.

Агресія в контексті батьківства – ще один цікавий аспект. У самок гризунів рівень агресії зростає під час вагітності та пологів, особливо у видів із ризиком інфантициду. Естроген і прогестерон стимулюють окситоцин, який пов'язаний з материнською агресією [2]. Водночас естроген може знижувати агресивність і покращувати розпізнавання емоцій. Це пояснюється тим, що в мозку існують два типи рецепторів до естрогену з протилежною дією. Подібно, прогестерон може як стимулювати, так і знижувати агресію залежно від гормонального контексту. Потрапляючи в нейрон, прогестерон перетворюється на речовину, що взаємодіє з рецепторами ГАМК, заспокоюючи мозок.

У чоловіків тестостерон сприяє агресії та домінуванню, але його рівень може знижуватись при активній участі в догляді за дітьми. Це зниження дозволяє зменшити ворожість і підтримати турботливу поведінку. Паралельно зростає рівень окситоцину – гормону прихильності. Активні батьки мають нижчий рівень агресії порівняно з тими, хто не залучений до виховання.

Агресія у чоловіків і жінок тісно пов'язана з їхньою репродуктивною роллю і батьківськими інстинктами. Тестостерон і окситоцин відіграють ключову роль у регулюванні цієї поведінки, знижуючи чи підвищуючи рівень агресії залежно від контексту. У чоловіків цей процес зазвичай пов'язаний із зменшенням

агресивності при активному залученні до батьківства, тоді як у жінок окситоцин може як стимулювати захисну агресивність, так і сприяти емоційній прив'язаності до дитини.

Таким чином, агресія у чоловіків і жінок має як спільні, так і відмінні риси. Якщо тестостерон посилює агресивність у відповідь на виклики, то у жінок гормональна динаміка формує контекстно-залежну агресію, тісно пов'язану з материнством, соціальними відносинами та репродуктивною функцією. Окситоцин в обох статей відіграє важливу роль: у чоловіків – знижує агресію в умовах турботи, у жінок – здатен її посилювати в ситуаціях загрози потомству. Такий складний баланс між гормонами, нейромедіаторами і соціальними умовами формує унікальну картину агресивної поведінки залежно від статі.

Список використаних джерел

1. Archer J. Testosterone and human aggression: an evaluation of the challenge hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2006. Vol. 30, N 3. P. 319–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.12.007>
2. de Almeida R. M. M., Ferreira A., Agrati D. Sensory, Hormonal, and Neural Basis of Maternal Aggression in Rodents. *Neuroscience of Aggression*. Berlin, Heidelberg, 2014. P. 111–130. DOI: https://doi.org/10.1007/7854_2014_312
3. Wingfield J. C. et al. The "Challenge Hypothesis": Theoretical Implications for Patterns of Testosterone Secretion, Mating Systems, and Breeding Strategies. *The American Naturalist*. 1990. Vol. 136, N 6. P. 829–846. DOI: <https://doi.org/10.1086/285134>
4. Sapolsky R. M. Trouble with Testosterone: And Other Essays on the Biology of the Human Predi. Scribner, 2012. 288 p.
5. International encyclopedia of the social & behavioral sciences. *Choice Reviews Online*. 2006. Vol. 43, N 12. P. 43Sup–0452–43Sup–0452. DOI: <https://doi.org/10.5860/choice.43sup-0452>

Горський Р., Кутенко Т.
e-mail: horskyir@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СПРИЙНЯТТЯ ІНТЕРФЕЙСІВ КОРИСТУВАЧАМИ АЗІЙСЬКОЇ І ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КУЛЬТУР

Horskyi R., Kutsenko T. Psychophysiological characteristics of user interface perception among Asian and European cultures

The study explores how cultural cognitive styles influence psychophysiological and behavioral responses to user interfaces. Eighty Asian and European participants interacted with minimalist and information-dense user interface (UI) designs. Stress, cognitive load, and interface difficulty were assessed using physiological metrics, including heart rate (HR), heart rate variability (HRV), electrodermal activity (EDA), and blood pressure (BP), along with behavioral data. Results show increased stress and task errors when user interface design is mismatched with users' cultural expectations, emphasizing the importance of culturally adaptive user interface and user experience (UI/UX) design for optimizing user performance and comfort.

Інтерфейси користувача (ІК) стали фундаментальним компонентом цифрових екосистем, що визначає ефективність, комфорт і психоемоційний стан користувачів під час щоденної взаємодії з технологіями. З огляду на глобалізацію цифрових продуктів зростає потреба у міжкультурно адаптованому дизайні ІК [1]. Представники різних культур, зокрема азійської та європейської, демонструють відмінні когнітивні стилі, способи візуальної обробки інформації та реактивність автономної нервової системи [2, 3]. Попри визнану роль UX-дизайну в інженерії цифрових середовищ [4], психофізіологічні аспекти культурної відповідності інтерфейсів залишаються недостатньо дослідженими [5].

У цій роботі досліджується вплив стилістично відмінних типів інтерфейсів, мінімалістичних європейських (ЕІ) та інформаційно насичених азійських (АІ) на психофізіологічні та поведінкові реакції користувачів з відповідних культурних середовищ. До дослідження було залучено 80 учасників віком 20–40 років з

високою цифровою компетентністю (самооцінювання $\geq 8/10$), порівну поділених між двома групами: 40 європейських та 40 азійських респондентів.

Інтерфейсна взаємодія передбачала серію стандартизованих завдань, таких як пошук налаштувань, вибір продукту, заповнення форм і корекція помилок у двох контрастних інтерфейсах. Фізіологічні показники реєструвалися за допомогою Apple Watch Ultra 2 та автоматичного тонометра й включали: частоту серцевих скорочень (HR), варіабельність серцевого ритму (HRV), систолічний/діастолічний тиск (SBP/DBP), частоту дихання (RR) та електродермальну активність (EDA) [6]. Поведінкові метрики (RT, помилки, тривалість виконання) реєструвались в реальному часі. Крім того, використовувалася суб'єктивна шкала NASA-TLX для оцінювання когнітивного навантаження [7]. На основі отриманих даних розраховувалися три індекси: індекс стресу (SI), індекс когнітивного навантаження (CLI) та індекс складності інтерфейсу (IDI) [8].

Дослідження показало, що при взаємодії з культурно невідповідними інтерфейсами значно підвищувалися фізіологічні показники стресу (підвищення SI на 20–30 %), збільшувалася кількість помилок (до 4,5 %), час реакції (RT) зростав у середньому на 60–80 мс, а частка успішного завершення завдань зменшувалася до 78 %. CLI у азійських учасників був вищим при роботі з європейським UI ($1,29 \pm 0,18$), а CLI європейців – з азійським UI ($1,24 \pm 0,16$). Найвищий IDI (1,46) було зафіксовано в європейців при взаємодії з азійським UI, що вказує на підвищену суб'єктивну та об'єктивну складність. Кореляція між IDI та NASA-TLX становила $r \approx 0,65$, що підтверджує узгодженість фізіологічних, поведінкових і суб'єктивних показників [9].

Таким чином, результати підтверджують важливість культурної відповідності в дизайні інтерфейсів. Взаємодія з UI, що не відповідає когнітивному стилю користувача, асоціюється з підвищеним фізіологічним збудженням, більшим ментальним навантаженням та нижчою продуктивністю. Розробка інтерфейсів з урахуванням культурно обумовлених когнітивних моделей може суттєво підвищити ефективність UX-дизайну, зменшити стресові реакції та покращити загальне задоволення

користувача. Отримані результати також вказують на потенціал інтеграції психофізіологічного моніторингу в оцінюванні цифрових продуктів для глобального ринку [10].

Список використаних джерел

1. Marcus A. Cross-cultural user-experience design. *The UX Book*. 2012. P. 489–516. https://doi.org/10.1007/11783183_4.
2. Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition. / R. E. Nisbett et al. *Psychological Review*. 2001. Vol. 108, N 2. P. 291–310. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.2.291>
3. Choi I., Nisbett R.E., Norenzayan A. Causal attribution across cultures: Variation and universality. *Psychological Bulletin*. 1999. Vol. 125(1). P. 47–63.
4. Garrett J.J. The Elements of User Experience. New Riders, 2010.
5. Reinecke K., Bernstein A. Improving performance, perceived usability, and aesthetics with culturally adaptive user interfaces. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2011. Vol. 18(2). P. 1–29.
6. Healey J.A., Picard R.W. Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2005. Vol. 6(2). P. 156–166.
7. Hart S.G., Staveland L.E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology*. 1988. Vol. 52. P. 139–183.
8. Brouwer A.-M., Hogervorst M.A. A new paradigm to quantify the influence of task difficulty on mental effort: The use of physiological measures in user interface evaluation. *Human Factors*. 2014. Vol. 56(3). P. 456–471.
9. Charles R.L., Nixon J. Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Applied Ergonomics*. 2019. Vol. 74. P. 221–232.
10. Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment / H. Ayaz et al. *NeuroImage*. 2012. Vol. 59, N 1. P. 36–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.023>

^{1,2}Григоренко Д., ²Калмикова О., ¹Жолобак Н.

e-mail: hryhorenko.daria@gmail.com

¹Інститут мікробіології і вірусології
імені Д.К. Заболотного НАН України,

²ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ЦИТОХІМІЧНИХ ЗМІН КЛІТИН L929, ІНФІКОВАНИХ ВІРУСОМ ВЕЗИКУЛЯРНОГО СТОМАТИТУ

Hryhorenko D., Kalmukova O., Zholobak N. Analysis of cytochemical changes in L929 cells infected with vesicular stomatitis virus

The study investigates the description and comparison of cytomorphology and cytochemistry of intact and virus-infected L929 cells. Changes in cell area, the average number of L929 per frame area, changes in the amount of carbohydrates and proteins were observed, as well as morphometric changes under the influence of vesicular stomatitis virus.

Сказ – це смертельно небезпечна хвороба, при проявах симптомів якої лікування стає неможливим. Через воєнний стан в Україні значно збільшилася кількість безхатніх тварин, які стають її потенційними переносниками, а також, за даними МОЗ України, кількість зареєстрованих випадків захворювання на сказ збільшується з кожним роком [1]. Робота з вірусом сказу потребує спеціальних умов та відповідної кваліфікації, саме тому нами був обраний безпечний для людини та добре вивчений модельний вірус везикулярного стоматиту (ВВС), який (як і вірус сказу) є РНК-вмісним вірусом із сімейства *Rhabdoviridae*, що дозволяє певним чином екстраполювати отримані нами результати його впливу на клітини на вірус сказу [2]. Ми обрали найгуманніший та фінансово вигідний спосіб дослідження – використали перещеплювану культуру клітин, а саме фібробласти мишей L929, яка є класичною для описів цитопатичної дії вірусів на клітини [3-5].

Метою нашого дослідження стало створення аналітичного опису морфометричних, цитохімічних та морфологічних змін інтактних клітин L929 порівняно з клітинами L929, інфікованими ВВС.

Для роботи в 96-лунковий планшет внесли суспензію клітин L929 та культивували їх в умовах термостату за 37 °С до

утворення моношару. Половину планшету інфікували ВВС, друга половина – контрольні інтактні клітини. Фіксацію інтактних та інфікованих клітин у планшеті провели формальдегідом через 24 год після внесення ВВС, тобто коли відбувались активні цитодеструктивні процеси у інфікованих клітинах.

Для визначення окремих груп біохімічних молекул використали кілька специфічних методик фарбування: акридиновий оранжевий (одно- та дволанцюгові нуклеїнові кислоти; PAS-метод (ШИК-реакція) (вуглеводи); альціановий синій (кислі муцини й кислі глікозаміноглікани); амід чорний 10В (білки); судан чорний (нейтральні тригліцериди та ліпіди) та кристалічний фіолетовий (оглядове забарвлення). Для підрахунку відсотка поля зору, заповненого клітинами, площі клітин та ядра, а також аналізу інтенсивності сірого пікселя клітин, використано програмне забезпечення ImageJ; для статистичного аналізу даних застосували Excel.

Насамперед слід зазначити, що активний інфекційний процес супроводжується яскравими цитодеструктивними проявами: площа кадру моношару клітин через 24 год після їх інфікування ВВС становила 1/3 порівняно з площею кадру моношару контрольних інтактних клітин. Аналіз розмірів інтактних та інфікованих ВВС клітин L929 дозволив виявити статистично значущу зміну площі інфікованих клітин: її збільшення на ~67,4 % за умови, що площа ядра залишалася практично незмінною. Виявлений факт пов'язаний з тим, що, як відомо, місцем реплікації РНК-вмісного ВВС є цитоплазма.

Характерною особливістю клітин L929 є їхня здатність за нормальних умов до продукції кислих вуглеводів (слизових речовин). Фарбування альціановим синім дозволило виявити, що при ураженні ВВС відносна площа цих речовин зменшилася, тобто в умовах вірусного інфекційного процесу механізм їх синтезу певним чином порушений.

В інфікованих ВВС клітинах L929 виявлено статистично значуще підвищення кількості нейтральних вуглеводів (за допомогою ШИК-реакції) – на ~16,3 %, що може свідчити про зміщення балансу продукції вуглеводів, зокрема для синтезу компонентів суперкапсиду вірусу.

Фарбування суданом чорним з метою виявлення нейтральних тригліцеридів і ліпідів у вірусінфікованих клітинах L929 показало, що при ураженні ВВС ліпідні краплі в клітинах стають більш дрібними.

Аналіз кількості білків за допомогою фарбування амідом чорним дозволив виявити їх статистично значуще зменшення на ~11,4 % у вірус інфікованих клітинах, що свідчить про певне гальмування біосинтезу білків на пізніх стадіях вірусного інфекційного процесу.

При фарбуванні акридиновим оранжевим із застосуванням флуоресцентної мікроскопії, у інфікованих ВВС клітинах спостерігали ділянки підвищеної яскравості жовто-зеленого кольору, які свідчать про збільшення кількості дволанцюгових нуклеїнових кислот, що може бути пов'язано з утворенням дволанцюгової РНК у процесі реплікації вірусу. Також виявлено ряд морфологічних змін: випинання клітинної мембрани ("блеббінг"), вакуолізацію цитоплазми, утворення тяжів та округлення клітин. Ці ознаки свідчать як про початкові етапи апоптозу клітин в умовах інфікування, так і про розвиток безпосередньо цитодеструктивних змін, наслідком яких є інтенсивне руйнування моношару.

Таким чином, застосування досить широкого спектра простих цитологічних методів фарбування дозволило виявити та описати характерні морфологічні, морфометричні та цитохімічні зміни, які відбуваються у клітинах, інфікованих ВВС: збільшення їх площі за умови незмінної площі ядра, зменшення загальної площі клітин у кадрі, збільшення кількості вуглеводів та зменшення білків без суттєвих змін кількості кислих муцинів та ліпідів. Морфологічні зміни інфікованих ВВС клітин супроводжуються випинанням ("блеббінг"), вакуолізацією цитоплазми, утворенням тяжів, округленням клітин та подрібненням ліпідних крапель.

Застосований нами підхід є перспективним, оскільки дозволяє працювати із фіксованим (інактивованим) інфекційним матеріалом та отримувати досить широкий спектр цитохімічних та цитоморфологічних характеристик вірус-інфікованих клітин.

Список використаних джерел

1. Сказ в Україні: статистика від МОЗ – Рецепти Аптечних Продажів. *Рецензу Аптечних Продажів*. URL: <https://www.rap.in.ua/skaz-v-ukrayini-statistika-vid-moz/> (дата звернення: 31.03.2025).
2. ICTV Virus Taxonomy Profile: *Rhabdoviridae* / P. J. Walker et al. *Journal of General Virology*. 2018. Vol. 99, N 4. P. 447–448. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001020>
3. Modifications of Mitochondrial Network Morphology Affect the MAVS-Dependent Immune Response in L929 Murine Fibroblasts during Ectromelia Virus Infection / K. Gregorczyk-Zboroch et al. *Pathogens*. 2024. Vol. 13, N 9. P. 717. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens13090717>
4. Mouse Fibroblast L929 Cell Line as a Useful Tool for Replication and Adaptation of Infectious Bursal Disease Virus / Torabi S. et al. *Arch Razi Inst*. 2023. Vol. 78, N. 3. P. 863-871.
5. Retinoic Acid-Mediated Inhibition of Mouse Coronavirus Replication Is Dependent on IRF3 and CaMKK / J. H. Franco et al. *Viruses*. 2024. Vol. 16, N 1. P. 140. DOI: <https://doi.org/10.3390/v16010140>

Дорошенко А., Островська Г.

e-mail: alinadoroshenko2003@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ФРАГМЕНТАЦІЇ ДНК СПЕРМАТОЗОЇДІВ НА РЕЗУЛЬТАТИ ДОПОМІЖНИХ РЕПРОДУКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Doroshenko A., Ostrowska G. Influence of sperm dna fragmentation on the results of assisted reproductive technologies

Infertility is a common health problem, and it continues to be a growing problem as more men and women postpone having children until later in life. Among couples with fertility problems, 30–50 % have some male factor component associated with infertility. Sperm DNA plays an important role in embryo development and can be damaged before and during ejaculation. Based on the analysis of gamete chromatin dispersion using statistical methods, the impact of sperm DNA fragmentation on the results of assisted reproductive technologies was analyzed.

Від безпліддя страждають понад 180 млн людей у всьому світі. Чоловічий фактор є причиною приблизно 50 % випадків

безпліддя [Andrabi, 2024]. Запліднення ссавців і подальший розвиток ембріона залежать від цілісності ДНК сперматозоїда. Фрагментація ДНК сперматозоїда – це розрив або пошкодження ДНК ланцюгів, які знаходяться всередині головки сперматозоїдів. Підвищена фрагментація ДНК сперми може вплинути на фертильність, перешкоджаючи заплідненню, ранньому розвитку ембріона, імплантації та вагітності.

Дане дослідження мало на меті оцінити, чи негативно впливає фрагментація ДНК сперматозоїдів на результати допоміжних репродуктивних технологій після проведення процедур інтрацитоплазматичної ін'єкції (ICSI) та внутрішньоматкової інсемінації (ВМІ). А саме дослідити вплив фрагментації ДНК сперматозоїдів на частоту запліднення після ICSI, бластуляцію та відсоток отримання високоякісних бластоцист. Оцінити вплив фрагментації ДНК сперматозоїдів на частоту настання вагітностей в циклах ICSI та ВМІ.

Дослідження проводилось на базі ембріологічної лабораторії "Оксфорд Медікал". Були досліджені еякуляти 55 чоловіків, які брали участь у програмі інтрацитоплазматичної ін'єкції сперматозоїда (ICSI) та еякуляти 25 чоловіків, які брали участь у програмі внутрішньоматковій інсемінації (ВМІ). Групування проводили за індексом ДНК фрагментації (DFI): з нормальною ДНК фрагментацією сперматозоїдів ($DFI < 30\%$) і групу з аномальною ДНК фрагментацією сперматозоїдів ($DFI \geq 30\%$). Проводилось оцінювання стану гамет у чоловіків, зокрема проведено стандартний аналіз сперми – спермограма, та аналіз на визначення ДНК фрагментації сперматозоїдів – аналіз дисперсії хроматину, після чого селектовані зразки сперми використовувалися в таких процедурах, як інтрацитоплазматична ін'єкція (ICSI) та внутрішньоматкова інсемінація (ВМІ). Спостерігали розвиток ембріонів *in vitro* та частоту настання вагітностей залежно від індексу ДНК фрагментації сперматозоїдів. Для вимірювання фрагментації ДНК було проведено аналіз дисперсії хроматину сперматозоїдів. Морфологію отриманих бластоцист після ICSI оцінювали за класифікацією Гарднера.

Дослідження показало, що високий DFI ($\geq 30\%$) має взаємозв'язок зі зниженням частоти запліднення, гіршими

показниками бластуляції та розвитку до стадії бластоцисти після інтрацитоплазматичної ін'єкції. Отже, фрагментована ДНК сперматозоїдів може передаватися в ооцит під час запліднення та впливати на ембріональний розвиток до імплантації. Показники бластуляції на 3-й день, а також кількість якісних бластоцист на 5-й день були нижчими в циклах із вищим DFI ($p < 0,05$). Виявлено відмінність у досягненні вагітності між групами з різним рівнем фрагментації ДНК сперматозоїдів (DFI). Рівень DFI $< 30\%$ виявився більш сприятливим для досягнення вагітності за допомогою ICSI. З іншого боку, при використанні методу ВМІ відмінностей у досягненні вагітності між групами не виявлено, що свідчить про відсутність статистично значущих різниць у частці вагітності між групами з рівнем DFI до 30% та більше. Проте було показано, що пацієнти з відсутністю вагітності мали вищі показники DFI порівняно з групою, де настала вагітність. Додатково в ході дослідження було виявлено, що індекс фрагментації ДНК сперми значно корелює з функціональними і морфологічними показниками сперми, що підкреслює важливість цього параметра як надійного діагностичного тесту під час оцінювання чоловічої фертильності. При високих рівнях фрагментації ДНК сперматозоїдів, спостерігали знижену концентрацію та рухливість сперматозоїдів, особливо виражена негативна кореляція відмічена між індексом ДНК-фрагментації нормальною морфологією чоловічих гамет у дослідженнях ICSI та ВМІ ($p < 0,05$).

Фрагментація ДНК сперматозоїдів є важливим параметром якості сперми і може бути використана для оцінювання ядерної цілісності сперматозоїдів, яке відіграє важливу роль у заплідненні та розвитку ембріона. Виявлена негативна кореляція рівня фрагментації ДНК сперматозоїдів з рядом параметрів (частотою запліднення, відсотком успішної бластуляції та якісних бластоцист). У циклах ВМІ групи з відсутністю вагітності мали вищі рівні індексу фрагментації ДНК. Після ICSI частота настання вагітностей була знижена у пацієнтів з високими рівнями ДНК фрагментації сперматозоїдів. Також була встановлена кореляція індексу фрагментації ДНК сперматозоїдів із параметрами сперми, а саме, відбувається зниження

концентрації сперматозоїдів, прогресивно рухливих та нормально морфологічних сперматозоїдів.

Список використаних джерел

1. Sperm DNA Fragmentation: causes, evaluation and management in male infertility / S. W. Andrabi et al. *JBRA Assisted Reproduction*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20230076>

¹Дубина С., ²Макулович М., ¹Пазюк Л.

e-mail: sofiadubina2@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²"Прикарпатський центр репродукції людини" МОЗ України

ЗВ'ЯЗОК ФЕРТИЛЬНОСТІ З ПАТОЛОГІЯМИ ТА РУХЛИВІСТЮ СПЕРМАТОЗОЇДІВ І ВІКОМ ОСОБИНИ ПРИ АСТЕНОЗООСПЕРМІЇ

Dubyna S., Makulovych M., Paziuk L. The relationship of fertility with the pathologies and sperm motility and age in men with asthenozoospermia

The present study investigates the correlation between sperm quality and age in men diagnosed with asthenozoospermia depending on age and sperm pathologies. The study was performed at the Human Reproduction Center in Ivano-Frankivsk, and the analysis encompassed 19 patients. The results obtained demonstrated a decline in motility, an increase in the proportion of immotile sperm, and a correlation between the reduced fertility and abnormalities of the head or neck. The impact of tail defects was found to be non-significant.

Якість статевих клітин є запорукою майбутнього здоров'я і життєздатності потомства. Для запліднення важливою функцією спермійів є їхня рухливість, яка пов'язана з будовою сперматозоїда. Однак на сьогодні відомо численні патології яйцеклітин і сперматозоїдів, що впливають на спадкоємність, безперервність життя і виживання виду.

Початковим етапом діагностики чоловічого безпліддя є спермограма. Оцінювання морфологічних характеристик сперматозоїдів є невід'ємною частиною спермограми, оскільки аномалії морфології та рухливості часто корелюють з

порушенням сперматогенезу та функціями сперматозоїдів. До прикладу, нормою вважається, коли понад 32 % сперматозоїдів в еякуляті мають прогресивну рухливість [2]. В астенозооспермії теж виділяють декілька ступенів, наприклад: легкий (28–32 % сперматозоїдів спостерігаються з прогресивною рухливістю); середній (10–27 % сперматозоїдів спостерігаються з прогресивною рухливістю) і тяжкий (є менше 10 % сперматозоїдів з прогресивною рухливістю або повна відсутність рухливих сперматозоїдів). Вона вражає близько 10–20 % чоловіків всього світу [1, 3].

Метою даного дослідження було оцінити якість сперматозоїдів залежно від віку пацієнтів, взаємозв'язок фертильності з патологіями сперматозоїдів, а також зв'язок рухливості із віком особин.

Дослідження проводилось на базі ембріологічної лабораторії державного закладу "Прикарпатський центр репродукції людини" МОЗ України, і до нього було включено аналіз спермограм 19 чоловіків з астенозооспермією, які проходили лікування безпліддя протягом 2024 року. Пацієнти були розподілені на 3 групи залежно від віку на момент здачі сперми: до 30 років, 31–39 років та 40+ років, за патологіями сперматозоїдів: патології голівки, хвоста та шийки (у т.ч., наявність цитоплазматичної каплі) сперматозоїдів, а також за рухливістю: прогресивно рухливі типу А та нерухливі типу D.

Для дослідження було застосовано метод Крюгера, який є морфологічним методом оцінювання чоловічої фертильності. Він базується на аналізі морфології головки, акросоми, шийки, хвоста сперматозоїдів при забарвленні Папаніколау за допомогою світлової мікроскопії. Отримані результати піддані статистичному аналізу за допомогою *t*-критерію Велча (морфологія сперматозоїдів) та *t*-критерію Стьюдента (рухливість).

Результати дослідження виявили достовірні відмінності ($p \leq 0,05$) при визначенні рухливості сперматозоїдів прогресивно рухливих типу А ($t = -4,8$; $p = 0,000041$) та нерухливих типу D ($t = 2,66$; $p = 0,0124$) у групі чоловіків з астенозооспермією порівняно з групою чоловіків з нормозооспермією. Отримані результати підтверджують, що астенозооспермія супроводжується значним збільшенням частки сперматозоїдів, які повністю позбавлені рухливості.

Аналіз даних дослідження виявив достовірні відмінності ($t = 3,5$; $p = 0,02$; $p \leq 0,05$) при визначенні патологій голівки (занадто маленька або занадто велика, роздвоєна, куляста, конусоподібна, зі зміненою акросомою, і такі спермії не здатні до запліднення яйцеклітини) у групі чоловіків з астенозооспермією віком 40+ порівняно з групою чоловіків з нормозооспермією віком 40+ років, а також при визначенні патологій шийки (потовщення або витончення шийки, аномальна вигнутість) ($t = 2,61$; $p = 0,021$; $p \leq 0,05$) у групі чоловіків з астенозооспермією віком 31–39 років порівняно з групою чоловіків з нормозооспермією віком 31–39 років, тоді як статистично значимі відмінності при визначенні патологій хвостів сперматозоїдів (короткі, потовщені, зламані, роздвоєні чи закручені, і через це сперматозоїд може втрачати рухливість) відсутні.

Отже, можна зробити висновок, що чоловіче безпліддя у групі пацієнтів з астенозооспермією більше залежить від рухливості та патологій голівки та шийки сперматозоїдів, а не від патологій хвостів.

Список використаних джерел

1. Hosseinzadeh Colagar Abasalt, Jorsaraei Seyed Gholamali, Gholinezhad Chari Maryam. Lipid peroxidation and large-scale deletions of mitochondrial DNA in asthenoteratozoospermic patients. *Indian J Biochem Biophys*. 2013.50(6). P. 492–499. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24772973/>
2. Patel A. S., Leong J. Y., Ramasamy R. Prediction of male infertility by the World Health Organization laboratory manual for assessment of semen analysis: A systematic review. *Arab Journal of Urology*. 2018. Vol. 16, N 1. P. 96–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.10.005>
3. Asthenozoospermia: Cellular and molecular contributing factors and treatment strategies / S. Z. Shahrokhi et al. *Andrologia*. 2019. Vol. 52, N 2. DOI: <https://doi.org/10.1111/and.13463>

Жулінська М., Решетник Є.
e-mail: zhulinskaymargo@gmail.com
ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА КОГНІТИВНІ ФУНКЦІЇ ПІДЛІТКІВ

Zhulinska M., Reshetnik E. The impact of digital technology on adolescent cognitive functions

The impact of digital technologies is increasing day by day, and it can have both negative and positive effects on adolescents, in particular the impact of social networks, video games and mobile applications on attention, memory and decision-making. All this can both support cognitive development and cause disorders such as attention deficit disorder, sleep problems and addiction. Research shows that a balanced use of digital platforms is important, and further research is needed to understand the long-term effects, especially from new platforms such as TikTok.

Цифрові технології, зокрема соціальні мережі, відеоігри, мобільні додатки та різні платформи, займають важливе місце в житті кожної людини, але особливий вплив вони чинять саме на підлітків. Підлітковий вік супроводжується інтенсивними гормональними та нейробиологічними змінами. Це суттєво змінює сприйняття та обробку нової інформації, що безпосередньо впливає на увагу, мислення, пам'ять та прийняття рішень. Багато досліджень свідчать про різні наслідки такого впливу, які, з одного боку, можуть бути позитивними, а з іншого, – негативними.

Огляд та аналіз наукової літератури і визначення основних потенційних ризиків та переваг. Підлітковий вік – це перехідний етап від дитини до дорослої та сформованої особистості. Точно сказати, коли перехідний вік починається і коли закінчується – важко. Всесвітня організація охорони здоров'я називає період від 10 до 19 років [10], а Американська академія педіатрії (AAP) визначає його від 11 до 21 року [1]. Саме підлітковий вік – це період, який передбачає суттєві зміни в поведінці, а також спричиняє емоційну нестабільність. Саме у цьому віці підкріпкові структури мозку, які відповідають за сильні емоції та

імпульсивність, дозрівають раніше, ніж префронтальні ділянки кори, які в подальшому здійснюють контроль над поведінкою [9].

У цей період часто виникають різні залежності, наприклад до азартних ігор або алкоголю. Цифрові технології створюють нові можливості виникнення залежності (залежність від кількості "вподобайок" або коментарів на новому пості). Це стимулює дофамінергічну винагородну систему, яка лежить в основі формування залежностей [8], саме це і призводить до подальшого користування. Звісно, залежно від способу та міри використання, цифрові технології можуть позитивно впливати на підлітків, зокрема сприяючи зменшенню вживання психоактивних речовин при помірному їх застосуванні. У свою чергу, надмірне використання екрана може мати негативні наслідки для всіх сфер життя, і не важливо, як воно впливає – прямо чи опосередковано [12].

Найпопулярніше серед порушень виокремлюють: малорухливий спосіб життя або відсутність фізичної активності в цілому; порушення сну, яке виникає внаслідок негативного впливу синього світла екрана на секрецію мелатоніну; порушення пам'яті, уваги та, як наслідок, – погана академічна продуктивність [8]. Часте перемикання під час виконання справ на медіа може мати негативні наслідки для мозку підлітків і їхнього функціонування в реальному житті. Дослідження, проведені в різних куточках світу, показують, що студенти часто відволікаються на сторонні медіа та залучаються до засобів масової інформації під час навчання або виконання домашніх завдань [2]. Деякі дослідження відмічають, що 75 % студентів коледжів Сполучених Штатів Америки спілкуються з друзями в чаті під час виконання домашнього завдання, а 31 % повідомили, що виконують більше ніж два завдання одночасно, тобто молодь використовує різноманітні технології, коли виконує домашнє завдання, розмовляє по телефону, грає в ігри та виконує інші дії [3].

Способи використання цифрових технологій серед підлітків дуже різноманітні. Більшість з них використовує додатки на мобільних пристроях. Серед американських підлітків найпопулярнішими є такі платформи, як YouTube – 93 %, TikTok – 63 %, Snapchat – 60 % та Instagram – 59 %, якими користуються переважна більшість [5]. Така популярність серед соціальних

мереж говорить про важливість соціального контакту у підлітків. Опитування серед українських підлітків показало, що саме TikTok є найпопулярнішою соціальною мережею. Це пов'язано з феноменом TikTok. Ця мережа – одна з найдинамічніших соціальних платформ – усе через велику кількість різноманітного контенту, який складається з коротких відео від 15 с до 3 хв (зрідка – 10 хв).

Сам феномен TikTok зумовлений не стільки короткими і швидкими відео з безперервною подачею нової інформації до мозку, скільки унікальним алгоритмом персоналізації рекомендацій на основі активності користувачів, що забезпечує таку зацікавленість у застосунку. А система соціальної активності – у формі вподобань, коментарів і підписок, як уже зазначалося, активує біологічний механізм мозку, який сприяє формуванню звичок через позитивне емоційне підкріплення, що є ключовим механізмом формування адиктивної поведінки. Через це бажання використовувати мережу зростає, викликаючи в користувача відчуття соціальної значимості [8].

Онлайн-ігри, які так популярні серед підлітків, особливо хлопців, можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки. Наприклад, дослідницький центр Pew оприлюднив нові дані за 2024 рік про те, як американські підлітки грають у відеоігри. За результатами, 72 % американських підлітків розглядають ігри як спосіб провести час з іншими людьми. Також дослідження показує, що майже половина підлітків-геймерів знайшли інтернет-друзів через онлайн-ігри [6]. Однак деякі моделі ігор можуть викликати ігрові розлади [11] та різні психічні проблеми, такі як депресія, синдром дефіциту уваги або навпаки, гіперактивність [4].

Через брак досліджень у цій сфері Всесвітня організація охорони здоров'я, враховуючи позитивний і негативний вплив, радить дотримуватися збалансованого використання ігор та інших форм інтернету [7].

Підлітковий вік є важливим етапом розвитку всіх структур мозку, а саме, когнітивних функцій. Вплив цифрових технологій у цьому віці може бути як негативний, так і позитивний. Вони можуть як стимулювати розвиток пам'яті, уваги та комунікації, так

і спричиняти негативні наслідки – зниження концентрації, порушення сну, формування залежностей і емоційну нестабільність. Важливо дотримуватись балансу у використанні, підліткам необхідно вже вчитися навичкам самоконтролю та усвідомлення користі та шкоди, а батькам і знайомим – допомагати в цьому. Зараз досліджень у цій галузі мало, і подальші наукові роботи є необхідними для розуміння впливу. Потрібно більше часу, щоб з'ясувати, як цифрові технології впливають на когнітивні функції та яке це матиме значення для майбутнього людини. Особливо важливо дослідити довгострокові наслідки використання нових технологій, таких як TikTok.

Список використаних джерел

1. Hardin A. P., Hackell J. M. Age Limit of Pediatrics. *Pediatrics*. 2017. Vol. 140, N 3. P. e20172151. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2017-2151>
2. Media Multitasking and Cognitive, Psychological, Neural, and Learning Differences / M. R. Uncapher et al. *Pediatrics*. 2017. Vol. 140, Supplement 2. P. S62–S66. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758d>
3. Junco R., Cotten S.R. Academic effects of instant messaging: A study of college students. *Computers & Education*. 2011. Vol. 56, №2. P. 370–378.
4. The Comorbidity Between Internet Gaming Disorder and Depression: Interrelationship and Neural Mechanisms / L. Liu et al. *Frontiers in Psychiatry*. 2018. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2018.00154>
5. Teens, Social Media and Technology 2023. *Pew Research Center*. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/2023/12/11/teens-social-media-and-technology-2023/>.
6. *Pew Research Center | Numbers, Facts and Trends Shaping Your World*. URL: https://www.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/20/2024/05/PI_2024.05.09_Video-Games_REPORT.pdf.
7. Problematic use of the internet during the COVID-19 pandemic: Good practices and mental health recommendations / B. Gjoneska et al. *Comprehensive Psychiatry*. 2022. Vol. 112. P. 152279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2021.152279>
8. Sociedad Argentina de Pediatría. El impacto del uso excesivo de pantallas en la infancia y adolescencia. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 2023. Vol. 121, № 4. URL: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2023/v121n4a03e.pdf>
9. Somerville L.H., Jones R.M., Casey B.J. Time of change: behavioral and neural correlates of adolescent sensitivity to appetitive and aversive environmental cues. *Brain Cognition*. 2010. Vol. 72. P. 124–133.

10. World Health Organization. Adolescent health, 2020. URL: https://www.hoint/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1

11. World Health Organization. International Classification of Diseases 11th Revision (ICD-11). URL: https://www.hoint/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1

12. Digital Media and Developing Brains: Concerns and Opportunities / J. S. Hutton et al. *Current Addiction Reports*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40429-024-00545-3>

Кармаліка К.О., Демянчук Н.В.

e-mail: katrin161102@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ОВОЦИТІВ ТА ЯКОСТІ ЕМБРІОНІВ У ЖІНОК РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

Karmalyka K., Demianchuk N. Assessment of oocyte quantity and embryo quality in women of different age groups

Evaluation of oocyte quantity and embryo quality in women of different age groups. This study analyzed the relationship between age, oocyte yield, embryo morphology, and pregnancy rate in IVF cycles. Data from 90 patients undergoing ICSI were grouped by age: <34, 35–38, and 39+. Younger women had higher oocyte numbers, better embryo quality, and higher pregnancy rates. Age negatively influenced outcomes, confirming the importance of early reproductive planning and personalized ART strategies.

Оцінювання кількості овоцитів та якості ембріонів у жінок різних вікових груп має важливе значення для розуміння репродуктивного потенціалу та планування допоміжних репродуктивних технологій (ДРТ). Статистика показує, що віковий фактор відіграє критичну роль у фертильності жінок, зокрема впливаючи на кількість та якість овоцитів, що важливо для оцінювання можливостей зачаття. Здорова жінка до 25 років може завагітніти в перші чотири місяці, що становить близько 90 % імовірності. З 25 до 35 років шанс зменшується на 30 %, а після 40 років залишається не більше 10 % [1]. Зі збільшенням

віку жінки зростає й імовірність аномалій хромосом у ембріонах, що також зменшує шанси на здорову вагітність. Це підтверджує важливість раннього оцінювання репродуктивного здоров'я та вживання заходів для оптимізації репродуктивних технологій для жінок різного віку.

Проведене дослідження мало на меті проаналізувати й дослідити залежність кількості овоцитів, якості ембріонів та настання вагітності від віку у жінок з імунологічним безпліддям.

Необхідно дослідити кількість овоцитів у жінок різного віку: до 34 років, 35–38 років, 39+, порівняти якість ембріонів у цих вікових групах, проаналізувати настання вагітності у жінок вікових груп до 34, 35–38 років, 39+.

У період з серпня 2023 року по січень 2024 року було проведено детальне дослідження в приватній клініці репродуктивної медицини "LITA", розташованій у столиці України, м. Київ. Метою цього дослідження було оцінювання кількості та якості овоцитів у жінок, що пройшли процедуру екстракорпорального запліднення (ЕКЗ), з особливим акцентом на вплив віку на репродуктивні результати. Дослідження охопило 90 жінок, які були розподілені на три вікові групи для аналізу їх репродуктивної функції та відповіді на стимуляцію ЕКЗ. Перша група складалася із жінок віком менше 30 років, які зазвичай вважаються найбільш репродуктивно сприятливими. Друга група – це жінки від 35 до 38 років, де зазвичай починають виникати перші ознаки зниження фертильності. Остання група складалася із жінок старше 39 років, у яких репродуктивний потенціал часто значно знижений через природні біологічні зміни.

Дослідження показало чітку вікову залежність між кількістю отриманих овоцитів, якістю ембріонів та частотою настання вагітності. У жінок молодше 34 років середня кількість отриманих овоцитів становила $12,5 \pm 2,75$, тоді як у групі 35–38 років – $12,06 \pm 3,00$, а у групі старше 39 років – лише $7,8 \pm 2,57$. Це свідчить про істотне зниження оваріального резерву з віком.

Щодо якості ембріонів, у віковій групі до 34 років частіше формувалися бластоцисти високого класу за Гарднером (4AA, 4AB), тоді як у жінок старше 39 років значно частіше зустрічалися ембріони середньої або низької якості (3BC, 3CC).

Крім того, у цій групі відзначено зниження частоти розвитку ембріонів до стадії бластоцисти, що свідчить про зниження потенціалу до подальшого розвитку.

Кореляційний аналіз продемонстрував сильний позитивний зв'язок між кількістю овоцитів і кількістю ембріонів у всіх трьох групах ($r = 0,81$ у жінок до 34 років, $r = 0,73$ – 35–38 років, $r = 0,69$ – 39+ років; $p < 0,05$). Також виявлено позитивну, хоч і слабшу, кореляцію між кількістю овоцитів та ймовірністю настання вагітності ($r = 0,24$ – у групі до 34 років), яка зменшувалася в старших групах.

Цікаво, що в групі старше 39 років спостерігалася відносно вища кореляція між кількістю ембріонів та настанням вагітності ($r = 0,38$), що може свідчити про критичну роль навіть незначної кількості якісних ембріонів у досягненні результату в старшому віці.

Таким чином, зі збільшенням віку пацієнток спостерігається не лише зменшення кількості фолікулів і овоцитів, але й погіршення морфологічних характеристик ембріонів, що безпосередньо впливає на ефективність програм ДРТ та шанси на успішну імплантацію і вагітність.

Вік жінки істотно впливає на кількість отриманих овоцитів, морфологію ембріонів та успішність ЕКЗ. Пацієнтки молодших вікових груп мають вищий оваріальний резерв і кращу якість ембріонів, що асоціюється з більшою частотою настання вагітності. Установлено, що кількість овоцитів у віковій групі 39+ є достовірно нижчою, ніж у групах жінок до 34 та 35–38 років. Якість ембріонів у жінок 39+ значно знижується порівняно з молодшими групами. У жінок віком старше 39 років частота настання вагітності становить 30 %. При цьому у групах жінок віком до 34 та 35–38 років відповідно 60 % і 50 %.

Отримані результати підтверджують необхідність раннього планування репродукції та підвищують ефективність індивідуалізованих підходів у програмах ДРТ. Спостерігається чітке зниження середньої кількості овоцитів та частки високоякісних ембріонів зі збільшенням віку пацієнток. Це необхідно враховувати при виборі індивідуальних репродуктивних програм та кількості ембріонів для перенесення.

Список використаних джерел

1. Risk factors of pregnancy failure in elderly infertility patients undergoing human assisted reproductive technology / Peng S. et al. *Am. J. Transl. Res.* 2021. Vol 13(6). P. 7306–7311.

¹**Кеда А.,** ¹**Калмикова О.,** ²**Добреля Н.,** ²**Іванова І.**

e-mail: keda.arina.2209@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²ДУ "Інститут фармакології та токсикології НАМН України"

МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН СУДИН ЩУРІВ ЗА УМОВ ІНДУКОВАНОГО ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ 1-ГО ТИПУ ТА ДІЇ ПРОПОФОЛУ

Keda A., Kalmukova O., Dobrelia N., Ivanova I. Impact of Propofol on the Morphofunctional State of Rat Vessels in Type 1 Diabetes Model

A strong association between diabetes mellitus (DM) and cardiovascular disease has been observed in many studies. When prescribing pharmacological agents for anesthesia to patients with DM, it is critically important to consider their effects on the cardiovascular system. The work aimed to investigate the impact of DM on the action of Propofol and morphological changes in the arteries of the systemic and pulmonary circulations in rats.

Останнім часом захворюваність на цукровий діабет (ЦД) набула характеру пандемії, а її показники прямо корелюють із показниками смертності. Найпоширенішою причиною смертності хворих на ЦД 1-го типу є захворювання серцево-судинної системи, що становить 44 % від загалу [6].

Розвиток ЦД призводить до зниження ефективності фармакотерапії захворювань серцево-судинної системи та посилення побічних ефектів. Критичним може виявитись зміна реакції організму пацієнта з ЦД при хірургічному втручанні, адже смертність таких пацієнтів під час операцій та частота виникнення постопераційних ускладнень набагато вищі [2, 5]. Тому при призначенні фармакологічних засобів для наркозу

пацієнтам із ЦД критично важливо враховувати їхній вплив на серцево-судинну систему.

Пропофол – загальний внутрішньовенний анестетик надкороткої дії, який широко використовується для індукції та підтримання наркозу. Препарат мінімально впливає на рівні інсуліну та глюкози в крові, тож застосовується для пацієнтів з ЦД [3, 7]. Але пропофол здатен здійснювати значний вплив на серцево-судинну систему, знижуючи системний артеріальний тиск та частоту скорочень серця [4].

Метою роботи було дослідити вплив цукрового діабету на дію пропофолу та морфологічні зміни артерій великого і малого кіл кровообігу щурів.

Дослідження були проведені на дорослих білих щурах-самцях лінії Wistar масою (225 ± 12) г, що були розподілені на дві групи методом випадкової вибірки. Перша група була контрольною, а у тварин другої групи моделювали цукровий діабет внутрішньоочеревиною ін'єкцією стрептозотоцину у дозі (65) мг/кг. Визначення експериментального діабету проводили за наявністю гіперглікемії, при якій концентрація глюкози в крові перевищувала 20 мМоль/л. Гострі досліди проводили через 90 діб після індукції ЦД.

Для оцінювання морфометричних параметрів гістологічних структур було проведено аналіз мікрофотографій препаратів за допомогою ImageJ.

Скоротливу активність ізольованих судинних препаратів аорти реєстрували в ізометричному режимі. Відеомікроскопічний аналіз скоротливої активності легеневої артерії проводили на зрізі долі легені [1].

Порівняння отриманих величин проводилось з використанням параметричного *t*-критерію Стюдента для непарних вимірів.

Встановлено, що морфометричний показник співвідношення товщини інтими до медії аорти щурів у групі з діабетом був вищим, ніж у групи контролю на 55,4 %. Індекс, що описує співвідношення товщини інтима-медія до діаметру судини, у групі щурів з ЦД був на 30,2 % вищим за індекс у тварин контрольної групи (рис. 1).

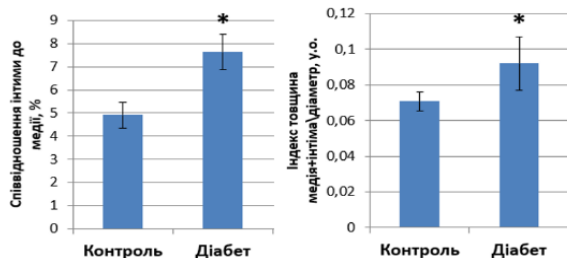


Рис. 1. Морфометричний аналіз зміни стінки аорти щурів (* – $p < 0,05$ порівняно з групою Контроль)

При аналізі морфометричних даних легеневих артерій виявилось, що показник співвідношення товщини інтими до медії за умов діабету був на 88,3 % більшим, ніж у щурів контрольної групи. Індекс, що описує співвідношення товщини інтима-медія до діаметру судини, у групи щурів з діабетом був на 42,9 % вищим за індекс у щурів контрольної групи (рис. 2).

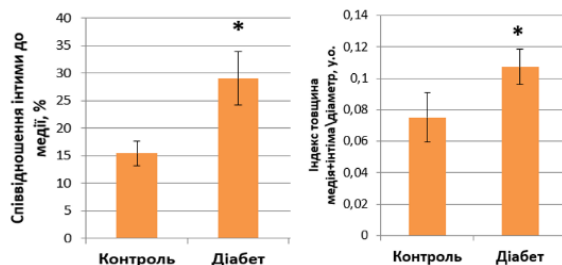


Рис. 2. Морфометричний аналіз зміни стінки легеневої артерії щурів (* – $p < 0,05$ порівняно з групою Контроль)

Були досліджені особливості дії пропофолу на скоротливу активність судин щурів із ЦД порівняно з судинами щурів контрольної групи. Встановлено, що при дії пропофолу спостерігалась вірогідно більша дилатація сегментів аорти щурів з ЦД порівняно з реакцією судин щурів контрольної групи у досліджуваних концентраціях. (рис. 3) Перфузія легеневого зрізу розчином, що містив пропофол, викликала дозозалежне

розслаблення внутрішньолегеневої артерії починаючи з дози (10^{-5} моль/л) у щурів із моделлю ЦД 1-го типу та (10^{-4} моль/л) у щурів контрольної групи (рис. 3).

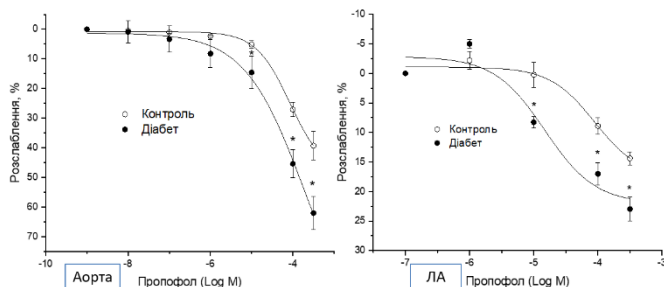


Рис. 3. Вплив пропофолу на скоротливу активність сегментів аорти та легеневої артерії, попередньо активованих фенілефрином (10^{-6} моль/л) (* – $p < 0,05$ порівняно з групою Контроль)

За умов індукованого стрептозотоцином ЦД 1-го типу спостерігаються підвищення співвідношень товщини інтими до медії та товщини інтима-медія до діаметру судини у великому та у малому колі кровообігу. Також виявлено, що як аорта, так і легенева артерія, щурів з ЦД проявляли вищу дозо-залежну пропофол-індуковану дилататорну активність порівняно зі щурами контрольної групи.

Список використаних джерел

1. Стрелков Є.В., Паршиков О.В., Кізуб І.В. Відеомікроскопічний аналіз скоротливої активності внутрішньолегеневих артерій у реальному часі. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2013 Т. 35, № 4–5. С. 76–80.
2. Current practice in the perioperative management of patients with diabetes mellitus: a narrative review / K. Crowley et al. *British Journal of Anaesthesia*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.02.039>
3. Halushko O. Diabetes mellitus in the practice of an anesthesiologist: a focus on diabetic neuropathy. *Emergency Medicine*. 2020. Vol. 16, №. 3. P. 37–46.
4. Jia, L., Li, H., Li, T. Efficacy of Sevoflurane and Propofol Anesthesia on Perioperative Adverse Cardiovascular Events and Hemodynamics in

Elderly Patients With Diabetes. *Clinical therapeutics*. 2024. Vol. 46, №. 3. P. 246–251.

5. Perioperative Hyperglycemia and Risk of Adverse Events Among Patients With and Without Diabetes / M. Kotagal et al. *Annals of Surgery*. 2015. Vol. 261, N 1. P. 97–103. DOI: <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000000688>

6. Vergès B. Cardiovascular disease in type 1 diabetes, an underestimated danger: Epidemiological and pathophysiological data. *Atherosclerosis*. 2024. Vol. 394. P. 117158.

7. Impact of total intravenous anesthesia and total inhalation anesthesia as the anesthesia maintenance approaches on blood glucose level and postoperative complications in patients with type 2 diabetes mellitus: a double-blind, randomized controlled trial / X. Xiong et al. *BMC Anesthesiology*. 2023. Vol. 23, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12871-023-02199-6>

¹Кудін Л., ²Карацуба Т., ³Луговський С.,

²Бондаренко Л., ²Мунько А.,

²Коваленко В., ⁴Вороніна А., ⁴Шаяхметова Г.

e-mail: liliakudin2003@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²ДУ "Інститут фармакології та токсикології НАМН України",

³ДУ "Інститут геронтології

імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України",

⁴Інститут фармакології ім. ЄжиМая ПАН

ЗМІНИ СУСТЕНТОЦИТІВ ТА ЕНДОКРИНОЦИТІВ У СІМ'ЯНИКАХ ЩУРІВ ЗА МОДЕЛЮВАННЯ ПТСР У ПЕРИПУБЕРТАТНОМУ ВІЩІ ТА ВВЕДЕННЯ ФЛУОКСЕТИНУ

Kudin L., Karatsuba T., Luhovskyi S., Bondarenko L., Munko A., Kovalenko V., Voronina A., Shaiahmetova H. Changes in sustentocytes and endocrinocytes in rat testes under conditions of PTSD in peripubertal age and fluoxetine administration

This study aimed to investigate the combined impact of PTSD developed in peripubertal age and fluoxetine treatment on male gonads, utilizing a rodent model. Among the pharmacological treatments available for childhood PTSD, fluoxetine (FLX) remains one of the most commonly

prescribed antidepressants. The challenge can arise from the dual burden imposed by PTSD and FLX on the developing male reproductive system. The research involved rats subjected to stress to model PTSD, followed by fluoxetine treatment. Behavioral tests confirmed PTSD development. Histological evaluation revealed a decrease in Leydig cells in the PTSD group, while fluoxetine did not show a statistically significant improvement in their number. Sertoli cell count was lowest in the PTSD + fluoxetine group. Morphological disturbances in Leydig cells and increased apoptosis and heterochromatinization in Sertoli cells were also observed.

Посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) є поширеним розладом психіки, який часто супроводжується високим ризиком завдання собі шкоди, самогубства та розвитку супутніх станів, таких як депресія та тривожні розлади. З початком воєнних дій в Україні проблема ПТСР набула особливої гостроти, адже значна кількість людей, включно з дітьми, переживає різноманітні травматичні події упродовж тривалого часу [3]. Майже половина випадків чоловічого безпліддя пов'язана із захворюваннями, перенесеними в дитячому та підлітковому віці, адже саме в цей час формується репродуктивна система. Водночас інформація про те, як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) впливає на розвиток репродуктивної функції у чоловіків, є дуже суперечливою. Серед фармакологічних методів лікування дитячого ПТСР флуоксетин залишається одним з найбільш часто призначуваних антидепресантів [2]. Клінічні дані стосовно впливу флуоксетину на розвиток репродуктивної системи за умов використання у дітей та підлітків обмежені. Більшість досліджень зосереджено на дорослих пацієнтах, у яких прийом флуоксетину був пов'язаний із сексуальною дисфункцією, включаючи зниження лібідо, затримку еякуляції, еректильну дисфункцію та низьку якість сперми [1]. Однак незрозуміло, якою мірою ці висновки можна екстраполювати на молодше населення, оскільки репродуктивна система, що розвивається, може бути більш вразливою до збоїв, спричинених прийомом ліків. Саме тому метою проведеного дослідження було оцінювання впливу флуоксетину на чоловічі гонади за умов ПТСР, що розвинувся в перипубертатному віці з використанням моделі гризунів.

У дослідженні використано 26 щурів-самців лінії Wistar віком 40 днів та початковою вагою 120–140 г. Щурів методом рандомізації розділили на 3 групи: контроль 1 (введення розчинника – 2 % крохмального гелю), контроль 2 (ПТСР + введення розчинника), дослід (ПТСР + введення флуоксетину). Щурів піддавали комбінованому стресу з подальшим повторним стресом, а потім вводили флуоксетин: 10 мг/кг протягом 21 дня (контрольна група та група ПТСР отримували відповідні об'єми фізіологічного розчину). Після останнього введення флуоксетину оцінювали поведінкові реакції у піднесеному хрестоподібному лабіринті, щоб довести наявність ознак ПТСР. Після поведінкових тестів щурів піддавали евтаназії. Сім'яники вилучали для гістологічного оцінювання. З кожного гістологічного препарату для аналізу кількості суспендоцитів було переглянуто 100 звивистих сім'яних каналців (ЗСК).

Кількісне визначення клітин Лейдіга проводили за допомогою мікроскопа Leica DM LS, дотримуючись калібрування об'єктива 40X з окулярною сіткою. Клітини підраховували у всіх квадратах сітки, які перекривалися каналцями, виключаючи клітини, розташовані вздовж верхньої та правої границь сітки. Підрахунок проводили в 30-ти випадково вибраних ділянках на кожному предметному склі. Потім розраховували середню кількість клітин Лейдіга на 1 мм² для кожної особини та кожної групи. Отримані дані тестували на нормальний розподіл за допомогою тесту Шапіро–Уїлка. Статистичну різницю між вибірками визначали шляхом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) для даних з нормальним розподілом та за критерієм Краскела–Уолліса для даних, розподіл яких відрізнявся від нормального. Різницю приймали статистично значущою при $p < 0,05$. Результати представляли у вигляді середнього (+) стандартна похибка середнього.

Результати оцінювання поведінки у піднесеному хрестоподібному лабіринті продемонстрували адекватність використаної моделі, про що свідчило збільшення часу проведеного в закритих рукавах та підвищення індексу тривожності у щурів з ПТСР. Введення флуоксетину шурам, які

зазнали ПТСР, не призвело до статистично значущих покращень у використаному тесті.

Нами показано, що у групі з ПТСР спостерігалось зниження кількості клітин Лейдіга порівняно з контрольною групою в середньому на 11 %. Разом з тим, статистично значущої різниці в кількості клітин Лейдіга в групі, яка отримувала флуоксетин на тлі ПТСР, порівняно з контрольною групою виявлено не було. Кількість клітин Сертолі зменшилась в середньому на 15 % у групі з ПТСР порівняно з контрольною групою. У групі ПТСР + флуоксетин кількість клітин Сертолі була найнижчою серед усіх трьох груп: у середньому на 38,6 % та 28 % нижчою порівняно з контрольною групою та групою з ПТСР? відповідно. Подібний вплив флуоксетину на клітини Сертолі може бути причиною деструктивних змін у сперматогенному епітелії. Одночасно зі змінами в кількості ендокриноцитів та суспендоцитів спостерігалися і морфологічні порушення. Як при ПТСР, так і за умов введення на його фоні флуоксетину, зафіксовано дезорганізацію інтерстиційних ендокриноцитів (клітин Лейдіга) з ознаками дистрофічних змін унаслідок дрібних вогнищ періцелюлярного набряку. У базальних відділах ЗСК часто виявляли дрібні апоптозні тільця біля суспендоцитів, що може свідчити про збільшення їх апоптозу. Крім того, у базальному компартменті сперматогенного епітелію часто відмічали гетерохроматизацію ядер суспендоцитів та утворення інтраепітеліальних вакуолей, причому частота виявлення останніх була значно вищою за умов введення флуоксетину, ніж у щурів з ПТСР без лікування.

Отримані результати свідчать про те, що як ПТСР, так і введення флуоксетину, можуть призводити до порушення сперматогенезу, що пов'язано з дегенеративними процесами у сперматогенному епітелії та змінами кількості суспендоцитів та інтерстиційних ендокриноцитів переважно в групі лікованих тварин. Останнє вказує на важливість проведення додаткових досліджень для розробки терапевтичних підходів, які б мінімізували можливі віддалені негативні наслідки для майбутньої репродуктивної функції за умов лікування дітей селективними інгібіторами зворотного захоплення серотоніну.

Список використаних джерел

1. Gabrielson A. T., Liu J., Sikka S. C. Posttraumatic Stress Disorder and Its Effects on Men's Sexual and Reproductive Health. *Bioenvironmental Issues Affecting Men's Reproductive and Sexual Health*. 2018. P. 541–556. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801299-4.00035-9>
2. Mousikou M., Kyriakou A., Skordis N. Stress and Growth in Children and Adolescents. *Hormone Research in Paediatrics*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1159/000521074>
3. Post-traumatic stress disorder / R. Yehuda et al. *Nature Reviews Disease Primers*. 2015. Vol. 1, № 15057. P. 15057. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27189040/>.

Куріленко М., Макарчук М., Коваленко О.

e-mail: merika.photographer@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

НЕЙРОПСИХОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ УРАЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЙ ГОЛОВНОГО МОЗКУ У КОМБАТАНТІВ

Kurilenko M., Makarchuk M., Kovalenko O. Neuropsychological markers of brain damage and functional recovery in combatants

The study presents a physiological perspective on the neuropsychological states of combatants, emphasizing the role of interdisciplinary approaches in identifying brain function disruptions and recovery markers through EEG-based and psychophysiological metrics.

Сучасна війна спричинила безпрецедентне психоемоційне навантаження на військовослужбовців. Згідно з теорією стресу Ганса Сельє тривала дія інтенсивних зовнішніх подразників призводить до виснаження адаптаційних резервів організму, що проявляється соматичними та психічними порушеннями [1]. Особливу увагу дослідників привертає посттравматичний стресовий розлад (ПТСР), який розвивається у значної частини бійців після бойових дій.

ПТСР характеризується нав'язливими спогадами, емоційним онімінням, підвищеною тривожністю, розладами сну та

когнітивними порушеннями [2]. Згідно з нейропсихологією Лурія такі стани можуть бути наслідком порушення взаємодії між функціональними блоками головного мозку [3].

Таким чином, виявлення специфічних функціональних порушень, які відображаються у зміні електричної активності мозку, поведінкових реакціях, когнітивних функціях дозволяє не лише описати стан бійця, але й підібрати адекватні засоби його психофізіологічного відновлення.

Актуальність роботи зумовлена стрімким зростанням кількості військових з симптомами посттравматичних розладів, бойового виснаження та дезадаптації, що істотно впливають на їхню боєздатність і якість життя. Виявлення достовірних нейропсихофізіологічних маркерів цих станів є ключовою умовою для ранньої діагностики та розробки ефективних, персоналізованих стратегій психореабілітації, адаптованих до реалій фронту і потреб сучасного солдата.

Ураження головного мозку в комбатантів, викликані хронічним бойовим стресом, емоційним вигоранням та переживанням психотравмуючих обставин, призводять до порушень функціонального стану центральної нервової системи, зниження працездатності та адаптаційних можливостей організму [4].

Метою дослідження було виявлення клініко-психологічних і нейропсихофізіологічних маркерів уражень мозку, що можуть бути використані для розробки індивідуальних програм реабілітації.

У дослідженні взяли участь військовослужбовці ЗСУ, які перебували на різних етапах відновлення боєздатності. За допомогою електроенцефалографії, тестів на сенсомоторні реакції, працездатність мозку, оперативну пам'ять та інших (рис. 1) було визначено, що найбільш інформативними маркерами бойового стресу є: зниження когерентності між структурами мозку (особливо лобно-тім'яними зонами), підвищена латентність сенсомоторних реакцій, зниження коефіцієнта сили нервової системи, високий рівень помилок при тривалому когнітивному навантаженні, зниження обсягу оперативної зорової пам'яті.

Також були виявлені клінічні та психологічні маркери, зокрема: високі показники тривожності, фрустрації, емоційного вигорання, редукції професійних обов'язків, соматовегетативних

порушень, а також симптоми ПТСР. Усе це комплексно свідчить про системні функціональні зміни в нервовій регуляції поведінки та емоційного реагування.



Рис. 1. Методики, що використані у процесі дослідження

Визначені нейропсихофізіологічні маркери дозволяють не лише об'єктивно діагностувати порушення функціонального стану головного мозку в комбатантів, але й адаптувати диференційовані технології психологічного відновлення. Запропонований підхід має високу прикладну цінність, оскільки відображає актуальну потребу об'єктивного оцінювання функціонального стану нервової системи військових в умовах хронічного бойового стресу.

Список використаних джерел

1. Чабан О. С., Безшейко В. Г. Симптоми посттравматичного стресу, тривоги та депресії серед учасників бойових дій в зоні антитерористичної операції. *Український вісник психоневрології*. 2017. Т. 25, вип.2(91). С. 80–84.
2. Кожина Г.М., Зеленська К.О., Друзь О.В., Черненко І.А. Сучасна модель формування постстресових розладів у учасників бойових дій. *Медицина сьогодні і завтра*. 2020. № 1(86). С. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.35339/msz.2020.86.01.05>
3. Лашин О.І. Особливості формування ПТСР в умовах сучасних воєнних конфліктів та організації заходів їх профілактики та лікування.

Військова медицина України. 2019. № 4, Т. 19. С. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.32751/2663-0761-2019-04-14>

4. Jonathon R. Howlett, L. Nelson and Murray B. Stein. "Mental Health Consequences of Traumatic Brain Injury". *Biological Psychiatry*. 2021. 91. P. 413-420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.09.024>

Лихачова О., Демянчук Н.

e-mail: leesashenka@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ФРАГМЕНТАЦІЇ ДНК СПЕРМАТОЗОЇДІВ НА ЯКІСТЬ СПЕРМОГРАМИ ТА БЛАСТУЛЯЦІЮ

Lykhachova O., Demianchuk N. The impact of sperm DNA fragmentation on semen quality and blastulation

Sperm DNA fragmentation is emerging as a crucial marker in assessing male fertility potential. In this study, we evaluated the impact of sperm DNA fragmentation on semen parameters – including motility and morphology – and on blastulation outcomes following ICSI procedures. Our findings indicate that elevated DNA fragmentation levels ($DFI \geq 30\%$) are significantly correlated with reduced semen quality and lower blastulation rates, suggesting that high DFI may impair early embryonic development.

За даними ВООЗ, чоловічий фактор є причиною близько 50 % випадків безпліддя [1], і фрагментація ДНК сперматозоїдів виступає як один із ключових чинників, що негативно впливають на якість гамет. Пошкодження ДНК може впливати не лише на характеристику сперми, але й на ранні стадії розвитку ембріона, що підкреслює необхідність детального аналізу цього параметра. Додатково слід зауважити, що численні дослідження вказують на те, що підвищений рівень фрагментації ДНК спричиняє не лише порушення традиційних параметрів спермограми, але й може впливати на генетичну стабільність наступного покоління [2]. Тому аналіз цього показника є надзвичайно актуальним для сучасної репродуктивної медицини.

Метою дослідження було визначити вплив фрагментації ДНК сперматозоїдів на основні параметри спермограми, зокрема

рухливість та морфологію сперматозоїдів, а також на відсоток бластуляції *in vitro*. Дослідження спрямоване на розкриття можливих кореляцій між рівнем DFI і результатами процедур ІКСІ.

Дослідження проведено у Центрі репродуктивної медицини IVMED. Було досліджено зразки сперми у двох групах по 40 пацієнтів: одна група мала нормальний рівень фрагментації (DFI < 30 %), а інша – підвищений (DFI $\geq$ 30 %). Аналіз проводився за допомогою набору Halosperm для оцінювання DFI та камери Маклера для визначення параметрів рухливості і морфології сперматозоїдів. Ембріональний розвиток оцінювали за даними системи Eleks після проведення процедур ІКСІ. Методика дослідження відповідає сучасним стандартам, затвердженим ВООЗ у 2021 р. Процедура передбачала також додатковий аналіз вікових характеристик пацієнтів, що дозволило встановити вплив віку на рівень фрагментації ДНК та параметри спермограми. Використання статистичних методів, зокрема аналізу дисперсії та тесту випадкового лісу, дозволило визначити вагомість окремих показників для прогнозування результатів ІКСІ.

У групі пацієнтів з підвищеним рівнем DFI спостерігалися значно нижчі показники прогресивної рухливості та зниження відсотка нормально морфологічних сперматозоїдів. Аналіз даних показав суттєву негативну кореляцію між рівнем фрагментації ДНК та відсотком бластуляції ($p < 0,05$). Пацієнти з високим DFI демонстрували зниження якості ембріонального розвитку, що свідчить про можливість передачі пошкодженого генетичного матеріалу від сперматозоїда до ооциту під час ІКСІ. Додатково, аналіз показав, що вік пацієнта корелює з рівнем фрагментації ДНК, що може свідчити про вікову деградацію якості сперми. Метод випадкового лісу дозволив встановити, що саме рівень DFI має найвищу вагомість серед усіх аналізованих показників, що підкріплює його роль як важливого маркера чоловічої фертильності.

У результаті дослідження встановлено, що підвищений рівень фрагментації ДНК сперматозоїдів (DFI $\geq$ 30 %) значно знижує якість спермограми, зокрема рухливість та морфологію сперматозоїдів, що негативно впливає на результати процедури ІКСІ. Наявність високого DFI асоціюється з меншим відсотком

успішної бластуляції, що свідчить про передачу пошкодженого генетичного матеріалу до ооциту. Крім того, аналіз показав, що з підвищенням віку спостерігається зростання рівня фрагментації, що може бути одним із чинників вікової деградації сперми.

Отже, впровадження рутинного аналізу DFI у клінічну практику сприятиме більш точній діагностиці чоловічого безпліддя та оптимізації стратегій лікування.

Список використаних джерел

1. How Well Do Semen Analysis Parameters Correlate with Sperm DNA Fragmentation? A Retrospective Study from 2567 Semen Samples Analyzed by the Halosperm Test / S. C. Chua et al. *Journal of Personalized Medicine*. 2023. Vol. 13, N 3. P. 518. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm13030518>

2. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen, 6th ed. *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030787>

Машталерчук К., Коваленко О., Макачук М.

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

e-mail: journal.of.the.sky@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН ПУПОВИННОЇ КРОВІ У ЛІКУВАННІ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Mashtalerchuk K., Kovalenko O., Makarchuk M. Use of cord blood stem cells in the treatment of neurodegenerative diseases use of cord blood stem cells in the treatment of neurodegenerative diseases

The aim of the study is to analyze the potential of cord blood stem cells for the treatment of neurodegenerative diseases, as well as to study the processes of collecting and processing these cells to maximize their therapeutic efficacy.

Стовбурові клітини пуповинної крові (ПК) розглядаються як перспективний напрям у лікуванні нейродегенеративних захворювань, зокрема хвороби Альцгеймера, Паркінсона, бічного аміотрофічного склерозу. Мезенхімальні стовбурові клітини (МСК), отримані з ПК, мають здатність до диференціації

у нейрони, виділяють нейротрофічні фактори (BDNF, NGF, GDNF), знижують інтенсивність запального процесу, модулюють активацію мікроглії та сприяють нейропротекції. Ці властивості визначають їхній значний потенціал у відновленні пошкоджених ділянок центральної нервової системи. З фізіологічної точки зору, використання МСК ПК дозволяє не лише підтримати функціональний стан нейрональних мереж, але й уповільнити або зупинити прогресування нейродегенерації через активацію внутрішньоклітинних механізмів виживання, зменшення апоптозу та стимуляцію синаптогенезу. Актуальність теми посилюється потребою оптимізації процедур збору та обробки клітин, які впливають на життєздатність МСК ПК та терапевтичну ефективність.

Метою дослідження є аналіз потенціалу стовбурових клітин пуповинної крові для лікування нейродегенеративних захворювань, а також вивчення процесів збирання та обробки цих клітин для максимізації їх терапевтичної ефективності.

Стовбурові клітини, зокрема мезенхімальні стовбурові клітини (МСК), мають унікальну здатність до диференціації в різні типи клітин, включаючи нейрони, що відкриває нові можливості для відновлення ушкоджених нервових тканин.

Дослідження показали, що стовбурові клітини ПК проявляють яскраво виражену нейропротекторну дію. Застосування МСК ПК у дослідженнях *in vitro* та *in vivo* асоціюється зі зменшенням продукції прозапальних цитокінів, зниженням активності мікроглії та підвищенням виживаності нейронів. Особливо значимим є покращення електрофізіологічних характеристик, відновлення синаптичної передачі та покращення моторної функції в тваринних моделях хвороби Паркінсона (Barker et al., 2021).

Окрему увагу було приділено процесу збору та обробки ПК. Кров отримують з пуповинного венозного каналу або шляхом гравітаційного витікання до моменту перерізання пуповини. Подальший процесинг включає центрифугування, відділення лейкоцитарно-тромбоцитарного шару, видалення плазми, введення розчину кріоконсерванту та заморожування в рідкому азоті за -196°C . Якість та ефективність клітинного матеріалу оцінюють за показником виходу клітин (cell yield) – відношення кількості певних клітин після обробки до початкового обсягу

(Smith et al., 2020). Аналіз даних Банку пуповинної крові "Гемафонд" за 2022–2024 рр. виявив, що зі збільшенням ваги цільної крові спостерігається зниження виходу лімфоцитів (LYMPH out) (рис. 1). Це може бути пов'язано з імунною конкуренцією, активізацією нейтрофілів при запальних реакціях або нераціональними режимами центрифугування (Lee et al., 2019). Врахування цих факторів дає змогу покращити стандарти процесингу, що напряду впливає на функціональну активність клітинного матеріалу в терапевтичному застосуванні.

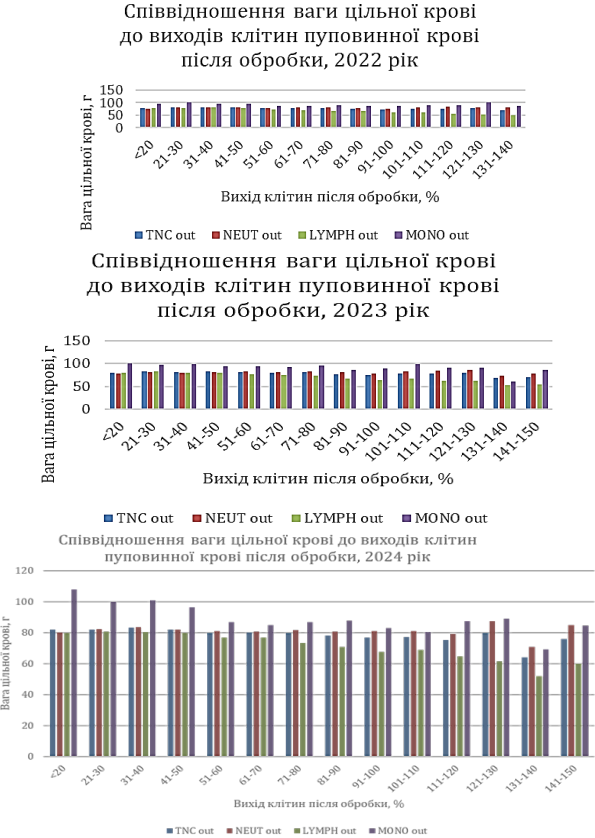


Рис. 1. Співвідношення ваги цільної крові до виходів клітин пуповинної крові після обробки, 2022–2024 рр.

Стовбурові клітини пуповинної крові мають значний потенціал у лікуванні нейродегенеративних захворювань завдяки своїй здатності до диференціації та регенерації. Процес збирання та обробки цих клітин є критично важливим для забезпечення їх якості та кількості, що може вплинути на результати терапії.

Подальші дослідження повинні зосередитися на оптимізації процесів обробки та вивченні причин зменшення виходу лімфоцитів, що може допомогти в розвитку нових стратегій лікування.

Список використаних джерел

1. Stem Cells in Neurodegenerative Disease: A Perspective on the Current State and Future Directions / Barker R. A., et al. *Nature Reviews Neuroscience*. 2021. 22(4). P. 213-226.

2. Optimizing the Processing of Umbilical Cord Blood for Stem Cell Therapy / Smith J. A., et al. *Transfusion Medicine Reviews*. 2020. 34(2). P. 87-95.

3. Competitive Dynamics of Stem Cell Differentiation in Neurodegenerative Diseases / Lee, J. H. et al. *Stem Cell Reports*. 2019. 12(5). P. 1025-1038.

^{1, 2}Мосницький С., ¹Ковалевська Л.,
³Малишева Т., ¹Кашуба О.
e-mail: mosnitckiiserhii@gmail.com

¹Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології
ім. Р.Є. Кавецького НАН України,

²ННЦ "Інститут біології та медицини",

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

³ДУ "Інститут нейрохірургії імені А.П. Ромоданова НАМН України

ДИФЕРЕНЦІЙНА ЕКСПРЕСІЯ KLF-4, KLF-6 ТА ЇХ АСОЦІАЦІЯ З MRPS18-2 У ЗРАЗКАХ МЕДУЛОБЛАСТОМ

Mosnytskyi S., Kovalevska L., Malyshaeva T., Kashuba E. Expression patterns of KLF4, KLF6, and MRPS18-2 in medulloblastoma samples

In the present study, the expression patterns of KLF4, KLF6, and MRPS18-2 proteins were assessed in medulloblastoma tissues. Immunohistochemical and qPCR analyses revealed decreased MRPS18-2 expression, particularly in pediatric cases, while KLF4 and KLF6 levels were

elevated. H-score evaluation showed a positive correlation between KLF4 and KLF6, and an inverse relationship with MRPS18-2. These results suggest their potential as diagnostic or prognostic markers in medulloblastoma.

Медулобластома є найпоширенішою злоякісною пухлиною головного мозку у дітей, де на неї припадає близько чверті всіх внутрішньочерепних новоутворень і близько половини пухлин задньої черепної ямки. Найчастіше зустрічається у дітей середнім віком 9 років. Пік захворюваності припадає на вік від 3 до 7 років. Однак другий пік спостерігається у дорослих, що становить приблизно 25 % випадків [1]. Медулобластома локалізується в порожнині черепа, яка називається задньочерепною ямкою, і виникає з клітин-попередників мозочка, що розвивається, а точніше, з клітин його зовнішнього гранулярного шару. На гістологічних препаратах медулобластома виглядає як щільне скупчення переважно недиференційованих клітин з мізерною цитоплазмою і величезними гіперхромними ядрами [2].

Незважаючи на значні досягнення в лікуванні цього типу пухлин, зокрема за допомогою хірургічної резекції, хіміотерапії та краніоспінального опромінення, ці методи лікування мають суттєві побічні ефекти, включаючи нейрокогнітивні та ендокринні порушення у дітей. Рання діагностика злоякісних пухлин забезпечує кращу успішність лікування. Тому постає необхідність розробки неінвазивних нетоксичних молекулярних методів діагностики та лікування цих типів пухлин.

Гіпотетично медулобластома виникають у дітей внаслідок спотворення механізмів, що контролюють диференціювання та проліферацію стовбурових клітин нервового гребеня. Останні дослідження показали, що надмірна експресія білка MRPS18-2 у клітинних лініях раку молочної залози може спричиняти утворення багатоядерних клітин, що вказує на його потенційну роль у пухлинній трансформації [1]. Встановлено також здатність MRPS18-2 взаємодіяти з білком ретинобластоми (RB), що сприяє прогресії клітинного циклу та проліферації клітин [3].

Диференційований характер експресії генів родини KLF дозволяє припустити їхню роль як потенційних маркерів пухлин, зокрема медулобластом. Наші дані свідчать, що промотор

MRPS18-2 містить сайти зв'язування для *KLF4* та *KLF6*, що може вказувати на їхню спільну участь у розвитку пухлин.

Мета дослідження – дослідити патерни експресії білків *KLF4*, *KLF6* і *MRPS18-2* у зразках медулобластоми з метою з'ясування їхньої можливої взаємодії та ролі як потенційних молекулярних маркерів для діагностики та прогнозування перебігу захворювання.

Відносну експресію генів на рівні мРНК у периферичній крові та пухлинній тканині оцінювали за допомогою qPCR. Тотальну РНК виділяли зі зразків, отриманих від 7 хворих на медулобластому. Дані, отримані за допомогою qPCR, були статистично оцінені в програмі Microsoft Excel. Рівні білків у зразках пухлинної тканини оцінювали за допомогою імуногістохімії.

Рівень експресії білків *MRPS18-2*, *KLF4* і *KLF6* відрізняється залежно від вікових груп, зокрема між дітьми та молодими людьми. Відносний рівень експресії *MRPS18-2* був знижений в обох групах порівняно з умовно здоровою тканиною головного мозку, особливо в групі дітей. Проте відносна експресія гена *MRPS18-2* у групі молодих людей є подібною до експресії у контролі. Натомість експресія *KLF4* і *KLF6* була підвищеною в обох групах, причому у групі дітей – значно вищою порівняно з контролем.

За результатами імуногістохімії та підрахунку H-score виявлено позитивну кореляцію між білками *KLF4* і *KLF6* та негативну – між ними і *MRPS18-2*, що вказує на їхню можливу антагоністичну регуляцію.

Диференційована експресія генів *MRPS18-2*, *KLF4* і *KLF6* може свідчити про їхню роль як потенційних маркерів медулобластоми. Для підтвердження цих даних необхідно розширити дослідження та включити більшу когорту пацієнтів із медулобластомою.

Роботу було підтримано відомчою програмою Національної академії наук України, номер державної реєстрації 0123U100099.

Список використаних джерел

1. Cohen, A.R. Brain tumors in children. *New England Journal of Medicine*. 2022. 386(20). P. 1922–1931.

2. Embryonal tumor with abundant neuropil and true rosettes (ETANTR), ependymoblastoma, and medulloepithelioma share molecular similarity and comprise a single clinicopathological entity / Korshunov A. et al. *Acta Neuropathologica*. 2013. Vol. 128(2). P. 279–289.

3. Cell stemness is maintained upon concurrent expression of RB and the mitochondrial ribosomal protein S18-2 / Mushtaq M. et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020. Vol. 117(27). P. 15673–15683

¹Меленевська Н., ¹Федоренко С.,
²Букресва Т., ¹Островська Г., ¹Гарманчук Л.

e-mail: melenevska_nadiia@knu.kiev.ua

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Інститут клітинної терапії

ВПЛИВ СЕКРЕТОМУ МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИН ПЛАЦЕНТИ ЛЮДИНИ НА ОКСИГЕНЗАЛЕЖНУ БІОЦИДНІСТЬ МАКРОФАГІВ

Melenevska N., Fedorenko S., Bukreeva T, Ostrovska G., Garmanchuk L. The effect of the human placental mesenchymal stem cell secretome on the oxygen-dependent biocidal activity of macrophages

This study examined the effect of the placental mesenchymal stem cells (PMSC) secretome on macrophage phagocytic activity under cisplatin-induced immunosuppression. Cisplatin alone reduced the oxygen-dependent biocidal activity of macrophages. The PMSC secretome alone significantly enhanced the spontaneous activity of macrophages, although it remained below the level of the positive control. Combined treatment restored macrophage spontaneous activity, compared to cisplatin treatment alone. These findings suggest that secretome can mitigate cisplatin-induced macrophage suppression supporting immune function during chemotherapy.

Використання мезенхімальних стовбурових клітин (МСК) у регенеративній клітинній терапії є перспективним клінічним напрямом. Крім того, великий дослідницький інтерес представляє здатність МСК здійснювати регуляцію активності основних клітин імунної системи, зокрема макрофагів. Макрофаги відіграють ключову роль у системі вродженого

імунітету, забезпечуючи захоплення та знешкодження патогенів шляхом фагоцитозу. Ефективність цього процесу залежить від активації фаголізосом – структур, в яких відбувається деградація поглинутих часток за допомогою лізосомальних ферментів. Значний вплив на регуляцію фагоцитарної активності здійснюється цитокінами, що містяться у секретомі мезенхімальних стовбурових клітин плаценти (ПМСК) [1].

У попередніх дослідженнях було виявлено, що в секретомі клітин експресується ряд протизапальних цитокінів, зокрема фактор росту ендотеліальних клітин (VEGF), трансформуючий фактор росту типу бета (ТФРβ-1) та інтерлейкін ІЛ-6, які можуть впливати на поляризацію макрофагів про-/та антизапального фенотипу, що пов'язано з метаболічним перепрограмуванням і здатністю до активації оксигензалежної біоцидності. Використання МСК або ж гуморальних компонентів, що ними секретуються, на сьогодні використовують в лікуванні різних форм запальних процесів, а також у випадку пухлинного росту. У терапії багатьох новоутворень використовують цисплатин, ефективність якого залежить від дози та методів супровідної терапії. Однак його пригнічувальні ефекти щодо системи кровотворення, нервової, видільної системи, а також клітин вродженого та набутого імунітету, потребують компенсаторного використання природних компонентів, що можуть нівелювати токсикологічну дію даного хіміопрепарату.

Відтак метою нашого дослідження було оцінювання активності фагоцитарних макрофагів під дією компонентів секретому ПМСК, окремо та в умовах дії на макрофаги цитостатика – цисплатину.

Секретом від МСК плацентарного походження отримували, як описано раніше [2]. Мононуклеарні фагоцити перитонеального ексудату щурів отримували за методом, описаним Pietrangeli [3]. Після приморювання в умовах парів вуглекислоти в черевну порожнину тварин вводили 5 мл охолодженого розчину Хенкса і після масування відсмоктували рідину за допомогою стерильного шприца в охолоджені пробірки. Тварин після проведеного забору перитонеального ексудату, збагаченого макрофагами, виводили зі сну та надавали вільний доступ до води, а через добу – до корму,

збагаченого білковою їжею. Отриману суспензію клітин двічі відмивали протягом 10 хв при 1500 г і розводили в повному середовищі RPMI-1640, доводячи кількість клітин до концентрації 10^5 /мл. Виходячи із результатів фарбування розчином трипанового синього, в отриманих суспензіях містилось не менше 98 % живих клітин. Для визначення оксигензалежної біоцидності перитонеальних макрофагів застосовували спонтанний та стимульований НСТ-тест з використанням барвника нітросинього тетразолію. Як позитивний контроль використовували ефір форбол-12-міристан-13-ацетат (РМА) у кінцевій концентрації 5 нг/мл. Тест проводили у 96-лункових плоскодонних планшетах за обліку результатів спектрофотометричним методом за довжини хвилі 540 нм. Кондиційоване середовище додавали до макрофагів 1 : 1 із класичним середовищем культивування клітин RPMI-1640 (Sigma, США). За умов впливу цисплатину, останній додавали в концентрації 5 мкМ окремо та разом із кондиційованим середовищем секретому.

У результаті проведеного дослідження виявлено, що спонтанна активність макрофагів за показником оптичного поглинання (ОП) за довжини хвилі 540 нм становила $0,33 \pm 0,021$. РМА-стимульована активність за тих самих умов культивування була майже вдвічі вищою і становила $0,58 \pm 0,047$, тоді як цисплатин суттєво пригнічував оксигензалежну активність макрофагів з показником $0,11 \pm 0,007$. *При додаванні секретому в розведенні 1:1 отримана активність була значно вищою* за спонтанну активність, проте не досягало значення РМА-стимульованої активності ($0,49 \pm 0,015$), а за спільної дії цисплатину і секретому ПМСК показник активності був вищим, ніж за впливу цисплатину одноосібно і майже досягав показника спонтанної активності – $0,26 \pm 0,041$. Дані, представлені на рис. 1, вказують на стимулюючу дію секретому МСК людини на оксигензалежну активність макрофагів щура, та нормалізуючу дію на оксигензалежну активність макрофагів, оброблених цисплатином, порівняно з тим, коли цисплатин був застосований одноосібно.

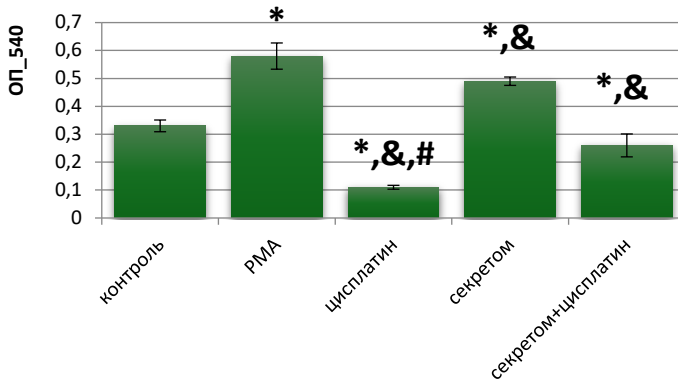


Рис. 1. Оксигензалежна біоцидність макрофагів за дії секретому ПМСК, цисплатину одноосібно, цисплатину і секретому сумісно. РМА-позитивний контроль при активації макрофагів ефіром форбол 12-мерістат-13-ацетату (* – $P < 0.05$ проти контролю; & – $P < 0.05$ проти РМА # – $P < 0.05$ проти секретому та секретому+цисплатин)

Таким чином, проведене дослідження вказує на високий потенціал стимуляції оксигензалежної біоцидності секретомом мезенхімальних стовбурових клітин плацентарного походження, що залежить від рівня секретованих прозапальних цитокінів.

Список використаних джерел

1. Effect of the Secretome of Mesenchymal Placenta Stem Cells on the Functional Properties of Lewis Lung Carcinoma Cells In Vitro / L. V. Garmanchuk et al. *Cytology and Genetics*. 2024. Vol. 58, N 4. P. 283–291. DOI: <https://doi.org/10.3103/s0095452724040054>
2. Effects of human placenta cryopreservation on molecular characteristics of placental mesenchymal stromal cells / R. Navakauskienė et al. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2023. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1140781>
3. Measurement of 5'-Nucleotidase in Mouse Peritoneal Macrophages in Listeriosis / C. E. Pietrangeli et al. *Infection and Immunity*. 1981. Vol. 32, N 3. P. 1206–1210. DOI: <https://doi.org/10.1128/iai.32.3.1206-1210.1981>

¹Nesterenko Yu., ²Saienko A., ²Steniakina N., ^{1,2}Rybachuk O.

e-mail: rbk@biph.kiev.ua

¹Bogomoletz Institute of Physiology, NASU,

²Institute of Genetic and Regenerative Medicine, M.D. Strazhesko National

Scientific Center of Cardiology,

Clinical and Regenerative Medicine, NAMSU

STRUCTURAL POST-TRAUMATIC CHANGES IN THE AREA OF SPINAL CORD INJURY IN MALE AND FEMALE MICE

Spinal cord (SC) injury often leads to scar formation at the injury site, which is typically formed by microglia, NG2-positive glial cells, and astrocytes [1]. Thus, spinal cord injury (SCI) causes microglia activation, proliferation, genetic apparatus changes, and protein synthesis, causing a general change in the microglial cells' morphology. Microglial activation causes a two-way but interconnected effect on SC tissue after injury. On the one hand, the appearance of reactive microglial cells leads to secondary damage in the nervous tissue due to the production of pro-inflammatory cytokines, reactive oxygen species and proteases. Such processes, in turn, lead to demyelination of neuronal axons, which intensifies inflammatory processes in SC tissue [2, 3]. On the other hand, microglia participate in glial scar formation, improve the survival of neurons and oligodendrocytes in SC tissue after injury. Thus, microglia activation reduces the lesion size and improves functional recovery of SC tissue [4, 5]. Structural changes in the injury site are usually investigated in the early post-traumatic period (days, weeks). Therefore, an actual task is to study the features of scar formation and microglial cell activation in SC tissue of different sexes mice after injury in dynamics.

Our work aimed to investigate structural changes in SC tissue of different sexes mice after SCI during the 1st week, 1st, 2nd and 3rd months by immunohistochemical method. The study was performed on male and female *FVB* mice aged 2-3 months, weighing 24–30 g; the injury model was a left-sided hemisection (LSH) of SC at the lower thoracic region (T10-T11). The following groups were formed: control (intact) ($n = 5$) male ($n = 5$) and female ($n = 5$) mice and experimental groups – "SCI males" ($n = 32$) and "SCI females"

($n = 36$). To visualize neurons (by NeuN markers) and glial cells (by GFAP and Iba-1 markers), double immunohistochemical staining of animal SC tissue sections was performed. Evaluation of SC tissue was performed using a FluoView FV1000 laser scanning confocal microscope (Olympus Inc., Japan).

At the 1st week of the post-traumatic period, in the SC tissue of animals of "SCI males" group, compared to the control, signs of reactive microgliosis were noted, which were manifested in elevated processes and increase in the soma of such cells. In addition, the formation of a demarcation of the scarring zone from the adjacent SC tissue of males was detected. Such degenerative changes in SC tissue of experimental males indicated the beginning of the acute phase of inflammation with simultaneous onset of scar formation. While in the SC tissue of "SCI female" group, activation of reactive microglial cells was not observed either in the hemisectional area or in areas of adjacent tissue of SC. In addition, in the SC of experimental females, during this observation period, no scar formation with clear boundaries at the injury site was detected, as it was observed in the SC tissue of males.

At the 1st month after LSH of males SC, acute inflammatory changes continued to be observed not only in the injury area, but also in adjacent areas. At the same time, in the area of SC hemisection of experimental females the beginning of scar formation, which contained minor fragments of degraded myelin and reactive astrocytes, was shown. Signs of reactive microgliosis were also noted at the border of damaged and adjacent nervous tissue in SC of these females.

Already at the 2nd month of the post-traumatic period, a significant increase in the area of the cystic cavity at the injury site of nervous tissue was observed in SC of male mice, and reactive microglial cells were present directly in the area of scar formation, which indicates the prolongation of acute inflammatory changes in SC tissue of "SCI males" group. Adjacent areas of SC tissue in these males also contained reactive microglial cells. At the 2nd month of the post-traumatic period, reactive astrogliosis and microgliosis were observed in the SC tissue of female mice both within and around the scar.

Already at the 3rd month of the post-traumatic period, a slight attenuation of acute inflammation was observed in the SC tissue of experimental males: less pronounced myelin fragmentation, a decrease in the activity of astrocytes and microglial cells both at the injury site and in the adjacent zone. At the same time, in female mice with LSH of SC, as at previous terms, demyelination and myelin fragmentation in the injury zone, as well as the presence of reactive astrocytes, were noted.

Therefore, during long-term observation, males with SCI exhibited a longer process of acute inflammation and scar formation in the area of SC hemisection, compared to short-term inflammatory changes in SC tissue of females.

References

1. Perez J.-C., Gerber Y. N., Perrin F. E. Dynamic Diversity of Glial Response Among Species in Spinal Cord Injury. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.769548>
2. Current Knowledge of Microglia in Traumatic Spinal Cord Injury / L. Xu et al. *Frontiers in Neurology*. 2022. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.796704>
3. Microglia: a promising therapeutic target in spinal cord injury / Z. Xiaowei et al. *Neural Regeneration Research*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.4103/nrr.nrr-d-23-02044>.
4. Microglia are an essential component of the neuroprotective scar that forms after spinal cord injury / V. Bellver-Landete et al. *Nature Communications*. 2019. Vol. 10, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08446-0>
5. Microglia-organized scar-free spinal cord repair in neonatal mice / Y. Li et al. *Nature*. 2020. Vol. 587, N 7835. P. 613–618. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2795-6>

¹**Перекрыстова К.,** ²**Лушнікова І.,**

³**Лазаренко Л.,** ²**Скибо Г.**

e-mail: kateperekrostova88@knu.ua

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Інститут фізіології

імені академіка О.О. Богомольця НАН України,

³Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

НЕЙРОПРОТЕКТОРНИЙ ВПЛИВ ЛАКТОБАКТЕРІЙ НА МОРФОЛОГІЮ КЛІТИН ГІПОКАМПА І ПОВЕДІНКОВІ РЕАКЦІЇ У СТАРИХ МИШЕЙ

Perekrostova K., Lushnikova I., Lazarenko L., Skibo G.
**Neuroprotective effect of Lactobacteria on hippocampal cell morphology
and behavioral responses in old mice**

The aim of the study was to investigate the effect of the experimental strain of lactobacilli Lactobacillus casei IMB B-7280 on the brain of young and old mice, with an emphasis on cognitive functions and morphological changes in the brain associated with aging. The administration was carried out orally. As a result of the assessment of behavioral tests and morphological analysis of neurons and astroglial cells of the brain, neuroprotective effects of this probiotic were revealed.

Взаємозв'язок між кишечником і мозком являє собою складну комунікаційну систему, яка не тільки забезпечує належне підтримання гомеостазу організму, але й має вплив на клітини мозку та його когнітивні функції. Відомо про взаємодії мікробіоти з елементами осі "кишечник-мозок", які здійснюються не тільки локально з клітинами кишечника та ентеральної нервової системи, але й з клітинами центральної нервової системи через нейроендокринні та метаболічні шляхи [1]. Враховуючи зростаючий інтерес до впливу мікробіоти на мозок, це дослідження є актуальним у контексті вікових аспектів [2].

Метою роботи є визначення впливу пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280 на поведінкові реакції у старих мишей і морфологію гіпокампа.

Дослідження проведено на 20 самицях білих безпородних мишей з масою тіла 24–38 г. Було сформовано 4 групи по 5 тварин

у кожній. Перша група – молоді тварини (7–8 тижнів) і друга група – старі (50–60 тижнів) отримували суспензію пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280. У третю і четверту групу увійшли відповідні за віком інтактні миші (контрольні групи). Пробіотичний штам вводили перорально за такою схемою: 10 діб введення – перерва 7 діб; 10 діб введення – перерва 7 діб; 10 діб введення.

Оцінювання впливу на когнітивні функції здійснювалося через поведінкові тести "Відкрите поле", "Т-лабіринт", "Розпізнавання нового об'єкта". Забір біологічного матеріалу відбувався після внутрішньом'язевої ін'єкції суміші кетаміну (100 мг/кг маси тіла) та силазіну (10 мг/кг маси тіла). Надалі виділяли головний мозок тварин і переносили його у фіксуєчий розчин, що містив 4,0 % параформальдегіду та 2,5 % глутарового альдегіду на 24 год за температури +4 °C.

Мозкові зрізи товщиною 20 мкм отримували за допомогою вібротому (Leica) та забарвлювали тіоніном за методом Нісля для візуалізації нейронів та структурних елементів мозкової тканини. Зразки заключали під покривні скельця за допомогою суміші PerDex. Морфометричний аналіз нейронів гіпокампа та кори головного мозку проводили з використанням світлового мікроскопа Zeiss Jena при збільшенні $\times 400$. Підрахунок нейронів здійснювали в корі головного мозку та в таких зонах гіпокампа: CA1, CA3, зубчаста фасція, радіальний шар. Оцінювали щільності нормальних та конденсованих клітин.

Для проведення імуногістохімічних досліджень були використані первинні моноклональні анти-NeuN (маркер нейронних ядер) та поліклональні anti-GFAP (маркер астроглії). За допомогою програми ImageJ оцінювали площу флуоресценції, що асоційована з відповідним типом маркованих клітин через автоматичний розрахунок середнього значення напівтонів сірого у межах порога вимірювання. Результати виражалися як площа флуоресценції на 1 мм². Статистичну обробку даних проводили за допомогою тестів Т'юкі та Данна. Різниця вважалася достовірною за $p \leq 0,05$.

Виявлено, що пероральне введення пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280 мало позитивні ефекти на

поведінкові реакції та морфологію мозку мишей старого віку. У тесті розпізнавання нового об'єкта було виявлено підвищення рухової активності і дослідницької поведінки в групах молодих і старих мишей, яким вводили цю пробіотичну культуру, порівняно з відповідними контрольними тваринами. Це може свідчити про покращення когнітивних функцій під впливом штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280. Морфометричне дослідження показало певні покращення стану нейронів у зоні СА1 гіпокампа та корі головного мозку в старих мишей. Так відбувалося зменшення кількості конденсованих нейронів, що є показником пошкодження клітин.

Результати імуногістохімічного дослідження свідчать про те, що площа астроглії була достовірно більшою у старих тварин порівняно з молодими, що вказує на виникнення астрогліозу при старінні. Водночас у старих мишей виявлена тенденція до зменшення площі астроглії після введення штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280. Це вказує на його нейропротекторний вплив і здатність зменшувати вікові дегенеративні зміни.

Пероральне введення пробіотичного штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280 покращує когнітивні функції, зменшує кількість конденсованих нейронів та площу астроглії в мозку старих мишей, що свідчить про його нейропротекторний потенціал.

Список використаних джерел

1. The gut-brain axis: interactions between enteric microbiota, central and enteric nervous systems / Carabotti, M. et al. *Annals of gastroenterology*. 2015. 28(2). P. 203–209.
2. Rusch J. A., Layden B. T., Dugas L. R. Signalling cognition: the gut microbiota and hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1130689>

Підлісний Г., Тукаленко Є., Лященко Т.

e-mail: hlibpidlisnyi@gmail.com

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ
НА РЕПРОДУКТИВНУ СИСТЕМУ ДРІБНИХ САВЦІВ
НА ПРИКЛАДІ ВИДУ РУДА НОРИЦЯ
(*MYODES GLAREOLUS*)**

Pidlisnyi H., Tukalenko E., Lyashchenko T. The effect of ionizing radiation on the reproductive system of small mammals, using the example of *Myodes Glareolus*

The objective of this study was to examine the effects of ionizing radiation on the reproductive success of small mammals, with the aim of establishing a linear correlation between radiation exposure and birth rate. The findings are intended to inform subsequent research on similar effects in larger mammalian species.

Іонізуюче випромінювання є потужним фактором, що впливає на біологічні системи, зокрема на репродуктивну функцію дрібних ссавців. Вид руда нориця (*Myodes glareolus*) часто використовується як модельний об'єкт у дослідженнях впливу іонізуючого випромінювання на живі організми, особливо в контексті наслідків аварії на Чорнобильській АЕС [1].

Дослідження показують, що хронічне опромінення призводить до суттєвих порушень у процесах проліферації та диференціації клітин у всіх ростках кровотворення, зокрема в еритроїдному ростку кісткового мозку [3]. Це свідчить про високу чутливість репродуктивної системи до дії іонізуючого випромінювання.

Хронічна дія іонізуючого випромінювання в зоні відчуження ЧАЕС призводить до зниження плодючості у мишоподібних гризунів, збільшення частоти домінантних летальних мутацій та реципрокних транслокацій. Також відмічається зростання кількості аномальних головок спермій і зменшення середньої маси сім'яників у самців. У той же час довготривале опромінення

самиць призводить до зменшення кількості особин у виводку, а також до падіння рівня виживання новонароджених.

Іонізуюче випромінювання викликає структурні та функціональні зміни в усіх морфофункціональних ланках репродуктивної системи, включаючи деструкцію мембранних компонентів органел та деструктивно-дистрофічні зміни цитоплазми нейросекреторних клітин гіпоталамусу, гонадотропоцитів аденогіпофізу і клітин сперматогенного епітелію сім'яників. Це призводить до зниження активності сперматогенної і ендокринної функції сім'яників та значного зменшення рухливості сперматозоїдів [2].

Метою дослідження було проаналізувати рівні впливу іонізуючого опромінення на репродуктивний успіх дрібних ссавців аби в подальшому скласти лінійну залежність між опроміненням та рівнем народжуваності.

Результати досліджень свідчать про те, що іонізуюче випромінювання має значний негативний вплив на репродуктивну систему дрібних ссавців, зокрема виду *Myodes glareolus*. Це проявляється у зниженні плодючості, структурних та функціональних змінах у статевих органах, а також у генетичних пошкодженнях, що можуть передаватися потомству. Подальші дослідження в цій галузі є необхідними для розробки стратегій зменшення негативних наслідків іонізуючого випромінювання на біоту.

Список використаних джерел

1. Cannon G., Kiang J. G. A review of the impact on the ecosystem after ionizing irradiation: wildlife population. *International Journal of Radiation Biology*. 2020. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1793021>
2. The Linear No-Threshold Relationship Is Inconsistent with Radiation Biologic and Experimental Data / M. Tubiana et al. *Radiology*. 2009. Vol. 251, N 1. P. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.2511080671>
3. Transcriptional Upregulation of DNA Damage Response Genes in Bank Voles (*Myodes glareolus*) Inhabiting the Chernobyl Exclusion Zone / T. Jernfors et al. *Frontiers in Environmental Science*. 2018. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00095>

¹Правдива А., ²Бондзик О.

e-mail: pravdivaann@gmail.com

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Допоміжно-діагностичний підрозділ медичного центру ПрАТ

"Інститут репродуктивної медицини "Дахно"

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КІЛЬКІСНИХ ТА ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЯКУЛЯТУ У ЧОЛОВІКІВ ІЗ ПОРУШЕННЯМ ФЕРТИЛЬНОСТІ

Pravdiva A., Bondzik O. Comparative analysis of quantitative and qualitative characteristics of ejaculate in men with impaired fertility

The study examines ejaculate parameters in men with infertility, focusing on abnormalities of volume, sperm concentration, motility and morphology. It was found that in oligozoospermia, the level of sperm agglutination is lower compared to normozoospermia. In normozoospermia, the motility of categories A (actively progressing) and B (slowly progressing) prevailed, and in oligozoospermia, categories C (not progressively motile) and D (immobile) prevailed. In patients with oligozoospermia, a negative correlation coefficient is observed between sperm concentration and the number of pathological forms. A negative correlation was also observed with sperm motility (category A – actively progressing and B – slowly progressing) and the number of pathological forms.

Еякулят є найважливішим біологічним матеріалом для оцінювання чоловічої фертильності. Він характеризується кількісними параметрами (об'єм, концентрація сперми) і якісними ознаками (рухливість, морфологія), які відіграють важливу роль у репродуктивному успіху. Розлади безпліддя часто є наслідком аномалій цих параметрів, що вимагає комплексного оцінювання та лікування.

Гіпо- та гіперспермія значно впливають на фертильність. Гіпо (<1,5 мл) асоціюється з ретроградною еякуляцією (РЕ), анеякуляцією (АЕ) або дисфункцією залоз [1, 2].

Нормальний об'єм еякуляту коливається в межах 1,5–6,8 мл, але безплідні чоловіки часто демонструють нижчі значення [3].

Олігоспермія (<15 млн/мл) спостерігається у 38–47 % безплідних чоловіків і корелює зі зниженими шансами природного зачаття [4].

Астеноспермія (<32 % прогресуючої моторики) поширена у безплідних чоловіків, часто пов'язана з окислювальним стресом або сечостатевими інфекціями [3, 5].

Короткі інтервали між еякуляціями покращують моторику до 50 % у пацієнтів зі зниженою фертильністю [2].

Тератозооспермія (<4 % нормальних форм) значно знижує потенціал фертильності через структурні аномалії, що впливають на функцію сперми [4].

Аналіз сперми залишається золотим стандартом для оцінювання чоловічого безпліддя, оцінювання об'єму, в'язкості, розрідження, рН і морфології [3, 5].

Пацієнти були розділені на дві групи відповідно до кількості сперматозоїдів у 1 мл еякуляту (млн/мл): олігозооспермія та нормозооспермія, де оцінювали концентрацію сперматозоїдів, аглютинацію, а також їхню рухливість і кількість патологічних форм за допомогою камери "Маклера". Додатково сперматозоїди були розділені за рухливістю на 4 категорії: А – прогресивно рухливі, В – повільно прогресуючі, С – не прогресивно рухливі, D – нерухомі. Забарвлення препаратів – Май Грюнвальда. Статистичні методи: достовірність між групами парний *t*-критерій за Стюдента та коефіцієнт кореляції Пірсона.

Основною метою дослідження є проведення порівняльного аналізу якісних та кількісних характеристик еякуляту у чоловіків з олігозооспермією.

Провівши порівняльний аналіз кількісних і якісних характеристик сперми у чоловіків з порушеннями фертильності, можна зробити такі висновки:

- виявлено, що при олігозооспермії рівень аглютинації сперматозоїдів менший порівняно з нормозооспермією;
- при нормозооспермії переважала рухливість категорії А та В (повільно прогресуючі), а при олігозооспермії переважала категорії С та D;
- у пацієнтів з олігозооспермією простежується негативний коефіцієнт кореляції між концентрацією сперматозоїдів і кількістю патологічних форм. При рухливості та кількістю патологічних форм також спостерігався негативний коефіцієнт.

Список використаних джерел

1. The role of ejaculatory dysfunction on male infertility / Mazzilli R. et al. *Clinical Therapeutics*. 2020. Vol. 171, № 6. P. e523–e527. DOI: <https://doi.org/10.7417/CT.2020.2267>
2. Kondoh N. Ejaculatory dysfunction as a cause of infertility. *Reproductive Medicine and Biology*. 2011. Vol. 11, № 1. P. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12522-011-0108-3>
3. Ejaculation: the Process and Characteristics From Start to Finish / M. M. Mason et al. *Current Sexual Health Reports*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11930-022-00340-z>
4. Berdugo Gutiérrez J. A., Cardona Maya W. D. In Silico Analysis of Sperm From Ejaculates with Different Semen Characteristics. *Journal of Reproduction & Infertility*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.18502/jri.v22i3.6721>
5. Revenig L., Leung A., Hsiao W. Ejaculatory physiology and pathophysiology: assessment and treatment in male infertility. *Translational Andrology and Urology*. 2014. Vol. 3, № 1. P. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.3978/j.issn.2223-4683.2014.02.02>

Решетняк. Є, Черних М.

e-mail: resh.liza@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ВПЛИВ ВІДВІДУВАННЯ АКТОРСЬКИХ ТРЕНАЖІВ НА ПСИХОЕМОЦІЙНИЙ СТАН ЖІНОК З РОДИН ВІЙСЬКОВИХ

Reshetniak Ye., Chernykh M. The influence of attending acting training on the psycho-emotional state of women from military families

This study explores the effects of art therapy, specifically acting training, on the psycho-emotional state of women whose families are affected by military conflict in Ukraine. EEG analysis revealed increased cognitive and emotional regulation in participants after undergoing acting exercises. The results highlight the potential of art therapy as a supportive intervention for stress and trauma recovery in civil population.

Проведене дослідження спрямоване на визначення впливу арт-терапії, а саме, занять акторським мистецтвом, на психоемоційний

стан жінок, сім'ї яких були чи є дотичними до воєнних дій в Україні. Багато хто зараз переживає гострий чи хронічний стрес на фоні бойових дій, тому важливо досліджувати цей стан і, що не менш важливо, існують методи, які здатні допомогти людині почувати себе краще і повернутись до нормального життя.

Наразі існує велика кількість наукових робіт, що представляють дослідження психоемоційного стану військовослужбовців та ветеранів. Однак проблема пасивної травми жінок із родин військових [4] і досі малодосліджена, а існуючі роботи здебільшого охоплюють питання частоти психічних розладів, що зустрічаються в партнерів військових [6], або вплив досвіду перебування на війні чи ведення бойових дій на благополуччя родин військових [3]. Тому ми вважаємо, що це дослідження є актуальним і необхідним у контексті поточної ситуації в Україні.

Дане дослідження було проведено з використанням методу реєстрації ЕЕГ, було використано 20 електродів, розміщених за системою "10–20 %", що була прийнята Міжнародною асоціацією електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології. Запис ЕЕГ проводився на програмно-апаратному комплексі "Нейроком" (ХАІ Медика, м. Харків, Україна). Обробка отриманих даних була проведена за допомогою програмної надбудови EEGLAB на базі інженерного пакета MATLAB.

Зважаючи на те, що активація нюхового аналізатора здатна змінювати функціонування нейронних мереж мозку людини в стані спокою [7], для оцінювання психоемоційного стану було проаналізовано записи ЕЕГ під час сприйняття пацієнтом ольфакторних проб із розчином ізоамілацетату та нашатирного спирту. Нашатирний спирт належить до тригемінальних запахів, до яких чутливим є трійчастий нерв і несе інформацію (часто про небезпеку) до решітчастої формації. Ізоамілацетат належить до ольфактивних запахів, які часто асоційовані з різними спогадами та емоціями. У межах дослідження було сформовано 2 групи обстежуваних: жінки, які пройшли курс акторських тренажів, та група жінок до проходження курсів.

Досліджувалися зміни активності в тета (3,5–7,4 Гц), бета-1 (13,6–19,9 Гц) та бета-2 (20–30 Гц) піддіапазонах.

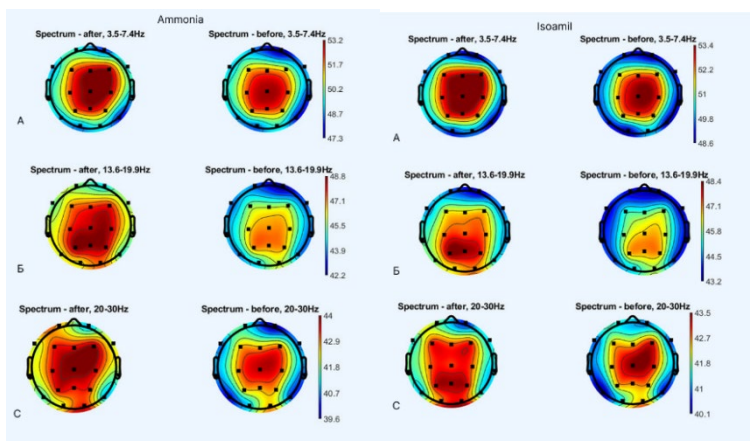


Рис. 1. Топокарти змін спектральної потужності тета (А), бета-1 (Б) та бета-2 (С) піддіапазонів під час сприйняття нашатирного спирту (Ammonia) та ізоамілацетату (Isoamil)

Активність у тета-діапазоні асоціюють з роботою лімбічної системи: пошук спогадів, контекстно-залежне відновлення послідовностей [1]; когнітивною діяльністю: виявлення новизни, усвідомлення потреби в контролі, прийняття рішень, пов'язаних із вибором дії [2]. Локалізація активності не змінилася в обох вибірках обстежуваних і займає центральні лобно-тім'яні ділянки. Однак посилилася спектральна потужність у вибірці обстежуваних, що пройшли курс акторських тренажів, що може вказувати на позитивний вплив арт-терапії на когнітивну діяльність та свідомий низхідний контроль обстежуваних.

Бета-1 піддіапазон (13,6–19,9 Гц) загалом відображає увагу, спрямовану на зовнішні подразники [5]. Локалізація активності в цьому діапазоні займає центральні та тім'яні ділянки і майже не змінюється в обох вибірках при сприйнятті обох проб, хоча в групі обстежуваних, що пройшли курс акторських тренажів, ця активність поширюється на більш центральні ділянки. Спектральна потужність помітно посилилася в центральних та тім'яних ділянках у цій вибірці, що може говорити про покращення саморегуляції та контролю над власними станами. Під час сприйняття ізоамілацетату бета-1 більш представлена в тім'яних ділянках (у той час, як під час сприйняття нашатирного спирту більш активними є центральні

зони), що говорить про роботу вищих центрів асоціативної кори, пов'язаних зі збиранням сенсорної інформації різної модальності. Це може бути пов'язано із більшою кількістю асоціацій, спогадів, посиленою пошуковою активністю, оскільки ця проба є ольфактивною, а не тригемінальною.

Бета-2 піддіапазон (20–30 Гц) асоціюють із креативним мисленням, увагою, спрямованою на емоційний стан, вербальність [5]. У вибірці обстежуваних до проходження акторських тренажів спектральна потужність у цьому діапазоні більше представлена в центральних зонах, що пов'язані із сенсомоторним контролем. Це може бути пов'язано із сильнішою увагою обстежуваних на контролі їхньої моторної діяльності. У вибірці обстежуваних, що вже пройшли курси, більше залучена тім'яна та потиличні ділянки, які асоціюють із емоційною регуляцією. Отже, фокус уваги змістився з моторного контролю на регуляцію емоцій та асоціацій.

Список використаних джерел

1. Burgess N., O'Keefe J. The theta rhythm. *Hippocampus*. 2005. Vol. 15, N 7. P. 825–826. DOI: <https://doi.org/10.1002/hipo.20111>
2. Cavanagh J. F., Frank M. J. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*. 2014. Vol. 18, N 8. P. 414–421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.04.012>
3. Er F., Gokcearslan E. Assessment of Marital Satisfaction Among Spouses of Soldiers: The Example of Turkey. *Military Medicine*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usad184>
4. Garciandía Imaz J. A., Samper Alum J. Passive trauma. *Revista Colombiana de Psiquiatría* (English ed.), 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcpeng.2021.09.003>
5. Detrended Fluctuation, Coherence, and Spectral Power Analysis of Activation Rearrangement in EEG Dynamics During Cognitive Workload / I. Seleznev et al. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00270>
6. The case for treating depression in military spouses. / H. Verdeli et al. *Journal of Family Psychology*. 2011. Vol. 25, N 4. P. 488–496. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0024525>
7. Effects of Passive Perception of Isoamyl Acetate Smell on the Resting-State EGG in Humans / I. G. Zima et al. *Neurophysiology*. 2014. Vol. 46, N 6. P. 486–493. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11062-015-9478-1>

¹Свобода М., ¹Калмикова О.,
²Хмельницька Ю., ²Пихтєєв Д., ²Гуменюк М.
e-mail: mr.alekc.sv@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
²Біотехнологічна лабораторія Банку пуповинної крові,
інших тканин та клітин людини Медичного центру "М.Т.К."
Фармацевтичної корпорації "ЮРІЯ-ФАРМ"

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОХІМІЧНОГО ПРОФІЛЮ СЕРЕДОВИЩА МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ КЛІТИН ПУПОВИНИ, КУЛЬТИВОВАНИХ У ПОРОЖНИСТОМУ БІОРЕАКТОРІ

**Svoboda M., Kalmukova O., Khmelnytska Yu., Pykhtieiev D.,
Humeniuk M. Study of the Biochemical Profile of Medium Used for
Cultivating Umbilical Mesenchymal Stem Cells in a Hollow Bioreactor**

Hollow-fiber bioreactors present a promising alternative to 2D cultures, however, they limit direct monitoring of cells. This study examined biochemical changes in the culture medium from umbilical mesenchymal stem cells grown in a hollow-fiber bioreactor as indicators of cell status. The results revealed cell adaptation through a metabolic shift from glycolysis to protein catabolism.

Мезенхімальні стовбурові клітини (МСК) пуповини володіють здатністю до самовідновлення, диференціації, імуномодуляції та трофічної підтримки навколишніх клітин, що надає їм та їх похідним високий терапевтичний потенціал [1, 2]. Перспективною альтернативою традиційним культуральним флаконам для масштабного вирощування МСК є біореактори з порожнистими волокнами, які забезпечують щонайменше в 25 разів більшу щільність клітинної маси [3]. Крім того, метаболіти, що виділяються клітинами у біореакторі, можуть слугувати чутливими маркерами їхнього функціонального стану [4]. Дослідження змін у біохімічному профілі клітин дозволяє краще зрозуміти механізми їхньої адаптації до біореакторних умов.

Метою роботи було дослідити зміни біохімічного профілю мезенхімальних стовбурових клітин пуповини при культивуванні в біореакторі з порожнистими волокнами.

350 млн мезенхімальних стовбурових клітин пуповинного канатика культивували в біореакторі з порожнистими волокнами (FiberCell System C2011) та в культуральних флаконах у безсироватковому середовищі. У визначені часові інтервали проводився забір зразків культурального середовища з флаконів, картриджа біореактора та резервуару живлення. Біохімічний склад аналізували за допомогою автоматичних біохімічних аналізаторів BS-240 та CL-900i. Контрольними зразками були показники середовища до початку культивування. Для статистичного аналізу використовували U-критерій Манна–Уїтні для порівняння двох незалежних вибірок та критерій Краскела–Уоліса для множинного порівняння. Вірогідність відмінностей визначали при $p < 0,05$.

Аналіз рівня глюкози виявив поступове зниження її концентрації як основного джерела енергії (рис. 1). Особливо різке зменшення глюкози спостерігалось у біореакторі протягом перших п'яти діб, після чого її рівень стабілізувався на позначці близько 15 ммоль/л. Це свідчить про інтенсивну активацію гліколізу з подальшим його інгібуванням через накопичення метаболітів.

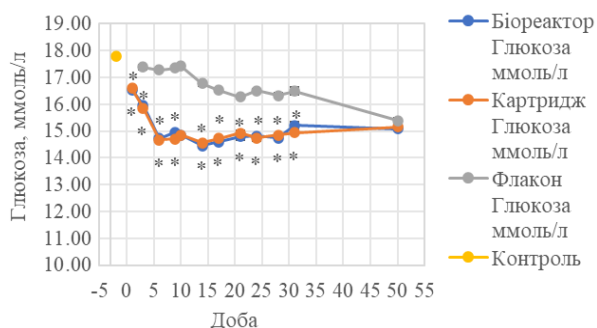


Рис. 1. Діаграма зміни концентрації глюкози (* – $p < 0,05$ порівняно із флаконами)

Аналіз концентрації сечовини – основного продукту білкового катаболізму – показав її зростання в перші 10 діб з подальшою стабілізацією, що свідчить про адаптацію клітин до середовища (рис. 2).

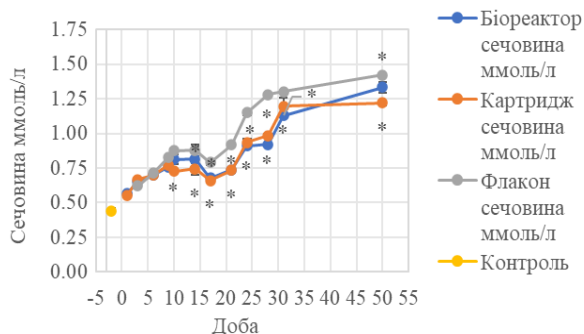


Рис. 2. Діаграм а зміни концентрації сечовини (* – $p < 0,05$ порівняно із флаконами)

Проте після 25 доби рівень сечовини знову зростав, імовірно через активацію катаболізму білків у відповідь на виснаження альтернативних джерел енергії. Після 30 доби накопичення сечовини сповільнилося (концентрація стабілізувалася на рівні близько 1,33 ммоль/л), що свідчить про перехід клітин до стаціонарної фази росту та стабілізацію метаболізму.

Клітини, культивовані у незмінному безсироватковому середовищі протягом тривалого періоду, демонструють типову адаптаційну відповідь на виснаження поживних ресурсів. У початкові періоди стресу активуються проліферативні процеси та гліколіз. Динаміка концентрацій глюкози та сечовини у кондиціонованому середовищі відображає етапи адаптації клітин і виснаження поживних речовин. Після 20 діб культивування клітини переходять у стаціонарну фазу росту, в якій метаболічні показники змінюються повільно.

Висновки

1. Біохімічні зміни у середовищі відображають послідовні етапи проліферації, адаптації та стабілізації клітинного росту у біореакторі з порожнистими волокнами.

2. Виявлено зниження швидкості споживання глюкози на пізніх етапах культивування та стабілізацію її концентрації на рівні 15 ммоль/л як прояв адаптації до умов біореактора.

3. Зростання рівня сечовини до 1,33 ммоль/л свідчить про активацію катаболізму білків та накопичення продуктів обміну.

Список використаних джерел

1. Exosomes: a review of biologic function, diagnostic and targeted therapy applications, and clinical trials / Y.-F. Chen et al. *Journal of Biomedical Science*. 2024. Vol. 31, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12929-024-01055-0>
2. Hoque F., Akther S., Islam M. S. Review on Therapeutic Efficacy of Mesenchymal Stem Cell (MSC) Therapy for Treating Different Disease. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine Research*. 2021. Vol. 5, N 2. P. 96–100. DOI: <https://doi.org/10.26855/ijcemr.2021.04.001>
3. Large-scale bioreactor production of extracellular vesicles from mesenchymal stromal cells for treatment of acute radiation syndrome / J. A. Kink et al. *Stem Cell Research & Therapy*. 2024. Vol. 15, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13287-024-03688-2>
4. Sensing metabolites for the monitoring of tissue engineered construct cellularity in perfusion bioreactors / A. D. Simmons et al. *Biosensors and Bioelectronics*. 2017. Vol. 90. P. 443–449. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.09.094>

^{1,2}Терещенко А., ²Шапочка Д.,

³Дороніна М., ¹Вороніна О.

e-mail: antoninatereshchenko01@gmail.com

¹ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Сектор гістології діагностичної лабораторії МЛ ДІЛА,

³Національний університет охорони здоров'я України
імені П.Л. Шупика

АНАЛІЗ ЕКСПРЕСІЇ RAD51 ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО БІОМАРКЕРА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАТУСУ СИСТЕМИ ГОМОЛОГІЧНОЇ РЕПАРАЦІЇ ДНК У ПАЦІЄНТОК ІЗ СЕРОЗНОЮ КАРЦИНОМОЮ ЯЄЧНИКІВ

Tereshchenko A., Shapochka D., Doronina M., Voronina O.
Investigation of RAD51 status as a potential marker of the homologous recombinational repair system functional status in patients with serous ovarian carcinoma

The research optimizes detection of RAD51 status and correlates it with clinicopathological parameters. Histological and immunofluorescent

analyses were performed on ovarian FFPE tissue samples to assess RAD51 expression and its relationship with tumor cell morphology, proliferation (using Geminin), and patient clinical data. The study reveals the heterogeneity of RAD51 expression and its correlation with clinicomorphological features, offering potential insights into personalized therapy strategies.

Рак яєчників є одним з найбільш агресивних онкологічних захворювань у жінок, що характеризується складною етіологією, високою генетичною гетерогенністю та обмеженими можливостями ранньої діагностики. Найпоширенішим підтипом цього захворювання є серозна карцинома. Вона відзначається значною генетичною нестабільністю, що ускладнює розробку ефективних терапевтичних стратегій [1].

Серозна карцинома яєчників високого ступеня злоякісності залишається однією з найагресивніших форм гінекологічних пухлин із 5-річною виживаністю лише 47 %. Даний тип новоутворень часто асоціюються з мутаціями в генах BRCA1 і BRCA2, які беруть участь у регуляції активності RAD51 [4]. Втрата функції цих генів може призводити до дефіциту гомологічної рекомбінації, що є одним із ключових механізмів, які забезпечують стабільність геному і відіграють вирішальну роль у відновленні дволанцюгових розривів та пошуку гомологічних послідовностей для репарації [3]. Порушення функції RAD51 може призводити до накопичення генетичних пошкоджень, що сприяє прогресуванню пухлинного процесу та розвитку резистентності до хіміотерапії [2].

Метою роботи є оптимізація імунофлуоресцентного методу визначення RAD51 та дослідження кореляції рівня експресії даного маркера з клініко-морфологічними параметрами серозної карциноми яєчників для валідації як біомаркера функціонального стану HR-системи.

В експерименті досліджувались препарати пухлинної тканини серозної карциноми яєчників 40 пацієнтів. Проводили фарбування рутинним методом забарвлення гематоксилін-еозином та імунофлуоресцентним подвійним фарбуванням RAD51, GMN з контрастуванням ядер DAPI. Морфометричні виміри площі, периметра та окружності ядер проводились на

мікрофотографіях із загальним збільшенням 400х з використанням програми ImageJ. Для статистичного аналізу використовували кореляційний тест за Пірсоном та *t*-критерій Стюдента. Відмінності враховувались за значень $p < 0,05$.

У ході гістологічного дослідження зразків яєчників, забарвлених гематоксиліном та еозином, виявлено морфологічні ознаки серозної карциноми високого ступеня злоякісності. Пухлинні клітини формують гніздоподібні та папілярні структури з високим ядерно-цитоплазматичним співвідношенням, гіперхромними ядрами, помітними ядерцями та слабко еозинофільною цитоплазмою. Межі клітин здебільшого нечіткі. Спостерігається виражена десмопластична реакція стромы навколо пухлинних комплексів.

Імунофлуоресцентний аналіз виявив гетерогенність експресії RAD51 у досліджуваних зразках (рис. 1). У RAD51-позитивних випадках, за наявності більше 10 % позитивних ядер у зразку на даний маркер, спостерігалися численні ядерні фокуси, що свідчить про активацію механізмів гомологічної рекомбінації. Гемінін-позитивні клітини, ідентифіковані за зеленою флуоресценцією ядер, вказують на високу проліферативну активність пухлини (G2/S фази клітинного циклу).

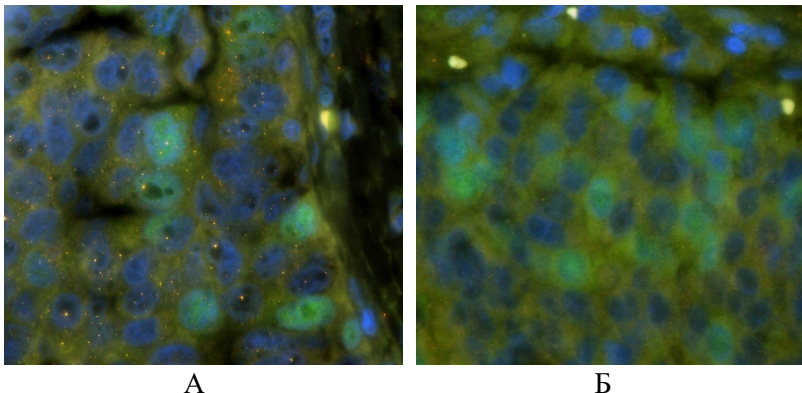


Рис. 1. RAD51-позитивна (А) та -негативна (Б) пухлинна тканина яєчників пацієнтів з серозною карциномою високого ступеня злоякісності (RAD51 (крапки помаранчевого кольору), Geminin (зелений) та DAPI (синій); збільшення x1000)

Зауважимо на одночасній присутності RAD51- та гемінін-позитивних клітин у зразках з високою експресією RAD51. У випадках з низькою експресією RAD51 або її відсутністю спостерігалися гемінін-позитивні ядра без характерних помаранчевих точкових сигналів RAD51, що вказує на дисбаланс між проліферацією та репарацією ДНК. Імунофлуоресцентне дослідження показало, що 44 % пацієнтів демонстрували низьку експресію RAD51, тоді як у 56 % спостерігалася висока експресія цього маркера. Аналіз кореляції з клініко-морфологічними показниками виявив, що 60 % пацієнтів віком 40–60 років мали високу експресію RAD51. У пацієнтів старшої вікової групи спостерігався рівномірний розподіл рівнів експресії. Серед пацієнтів з III стадією захворювання за TNM класифікацією 66,67 % демонстрували позитивну ядерну реакцію на RAD51. У пацієнтів з IV стадією спостерігався відносно рівномірний розподіл зразків з високою та низькою експресією RAD51 (47 % та 53 %, відповідно).

Морфометричний аналіз виявив збільшення середньої площі ядер пухлинних клітин у 4,0–4,3 раза порівняно з ядрами нормальних лімфоцитів. Порівняння отриманих значень площі та периметру ядер пухлинних клітин продемонстрував сильну позитивну кореляцію, 98 %, завдяки чому було вирішено здійснити обчислення параметра округлості для даних клітин. Округлість продемонструвала зміщення приблизно на 1–3 % від нормальних значень циркулярності, що не було значущим і вказувало на відсутність помітних змін у формі. Однак кореляційний аналіз морфометричних показників (площа та окружність ядер) між групами з низькою та високою експресією RAD51 не виявив статистично значущої лінійної залежності.

Комбіноване використання маркерів RAD51 та гемініну дозволяє одночасно оцінити стан системи репарації ДНК та проліферативну активність пухлинних клітин. Це має важливе значення для визначення агресивності пухлини та прогнозування відповіді на терапію, адже низька експресія RAD51 може бути маркером чутливості до PARP-інгібіторів, тоді як висока експресія RAD51 може вказувати на резистентність до даної таргетної терапії та платинових препаратів.

Список використаних джерел

1. Genetic epidemiology of ovarian cancer and prospects for polygenic risk prediction / M. R. Jones et al. *Gynecologic Oncology*. 2017. Vol. 147, N 3. P. 705–713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2017.10.001>
2. Functional homologous recombination assay on FFPE specimens of advanced high-grade serous ovarian cancer predicts clinical outcomes / S. Pikkusaari et al. *Clinical Cancer Research*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1158/1078-0432.ccr-22-3156>
3. Wright W. D., Shah S. S., Heyer W.-D. Homologous recombination and the repair of DNA double-strand breaks. *Journal of Biological Chemistry*. 2018. Vol. 293, N 27. P. 10524–10535. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.tml118.000372>
4. A Comprehensive Review of Ovarian Serous Carcinoma / Y. Hatano et al. *Advances In Anatomical Pathology*. 2019. Vol. 26, N 5. P. 329–339. DOI: <https://doi.org/10.1097/pap.0000000000000243>

^{1,2}**Тропиніна О., ¹Ганусевич І.**

e-mail: lena.tropynina@gmail.com

¹Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології
ім. Р.Є. Кавецького НАН України,

²ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АКТИВНІСТЬ ЖЕЛАТИНАЗ ТРОМБОЦИТІВ У ПЕРЕБІГУ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ ЗА НАДМІРНОЇ ВАГИ: ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД МЕНОПАУЗАЛЬНОГО СТАТУСУ

Tropynina O., Hanusevych I. Platelet gelatinase activity in the course of breast cancer in overweight: dependence on menopausal status

Obesity increases the risk of developing, worsens the course of breast cancer. The menopausal status also has an impact. Therefore, the aim of our study is to investigate the survival rate depending on the levels of superoxide radical generation and platelet gelatinase activity, the redox state of adipose tissue adjacent to the tumour, body mass index and menopausal status of breast cancer patients.

Рак молочної залози (РМЗ) залишається одним із найпоширеніших онкологічних захворювань у жінок, уражаючи майже

кожну десятю в розвинених країнах. У всьому світі спостерігається тенденція до зростання як захворюваності на РМЗ, так і на ожиріння, яке з 1975 року зросло втричі і визнане глобальною пандемією ХХІ ст. На 2016 р. понад 650 млн дорослих мали ожиріння [2, 7]. Дослідження демонструють, що взаємозв'язок між перебігом РМЗ і ожирінням змінюється залежно від менопаузального статусу: у передменопаузі ожиріння іноді навіть знижує ризик розвитку РМЗ, тоді як у постменопаузі навпаки, асоціюється з гіршим прогнозом і вищими рівнями естрогенів. Жирова тканина (ЖТ), що є важливим джерелом естрогенів після менопаузи, відіграє вагомую роль у прогресії РМЗ. Метаболіти естрогенів здатні змінювати редокс-баланс у тканинах, стимулюючи утворення супероксидних радикалів (СР), які здійснюють як сигнальні, так і пошкоджуючі процеси в клітині [3, 4, 6].

Ожиріння супроводжується гіпертрофією ЖТ, що створює прозапальне мікрооточення пухлини шляхом підвищеного ліполізу та дисфункції мітохондрій – ключових генераторів СР і NO. Порушення редокс-стану асоціюється з агресивністю пухлини, виживанням клітин у мікрооточенні та її метастатичним потенціалом, а отже, є перспективним напрямом для пошуку біомаркерів і мішеней таргетної терапії пухлин [5].

Ключову роль у метастазуванні відіграють матриксні металопротейнази (ММП) -2 і -9 (желатинази А і В), які забезпечують деградацію позаклітинного матриксу та модулюють активність факторів росту і клітинної адгезії, сприяючи пухлинній інвазії та прогресії [1, 9].

Метою роботи було дослідити виживаність пацієток із РМЗ залежно від рівнів генерування супероксидних радикалів (СР), активності желатиназ тромбоцитів, окисно-відновного стану прилеглої до пухлини жирової тканини (ППЖТ), ІМТ і менопаузального статусу.

Обстежено 70 пацієток з РМЗ (T1-2N1M0, підтипи А і В), які лікувалися в Національному інституті раку МОЗ України у 2018–2021 рр. Усі жінки не отримували передопераційної терапії, мали співставне лікування, вік – 35–78 років. ІМТ розраховували за формулою $BOO3$ [8]. Тромбоцити виділяли з венозної крові із

використанням цитратного буфера. Активність ММП-2 та ММП-9 визначали зимографією в поліакриламідному гелі, генерування СР – методом ЕПР-спектрометрії. Статистичну обробку здійснювали методами варіаційної статистики; вірогідність відмінностей оцінювали за t -критерієм Стьюдента. Загальну виживаність хворих аналізували за методом Каплана–Майєра. Статистично значущим вважалося $p < 0,05$.

У хворих у передменопаузі швидкість генерування СР тромбоцитами за нормальної ваги та при ожирінні не відрізняється, тоді як у постменопаузі між ними спостерігається достовірна різниця (у 1,4 раза; $p < 0,05$). Виявлено асоційованість рівнів цих показників з рівнями генерування СР у ППЖТ пацієнток у постменопаузі.

У хворих у передменопаузі різниця між активністю желатинах тромбоцитів при ожирінні та за нормальної ваги недостовірна ($p > 0,05$), тоді як у постменопаузі спостерігається значна достовірна різниця ($p < 0,05$) у показниках сумарної активності ММП-2 та -9 за нормальної ваги та ожиріння (у 2,3 раза). Для пацієнток у постменопаузі спостерігається високий рівень асоційованості показників активності желатиназ тромбоцитів та швидкості генерування ними СР.

При рівнях активності ММП-2 тромбоцитів, вищих за 42 ум. од., хворі у постменопаузі мали достовірно меншу тривалість життя ($p = 0,02$) та вищий ризик несприятливого перебігу захворювання ($HR = 2,7$), ніж при нижчих рівнях активності ферменту. При рівнях активності ММП-9 тромбоцитів, вищих за 65 ум. од., хворі у постменопаузі мали достовірно меншу тривалість життя ($p = 0,04$) та вищий ризик несприятливого перебігу захворювання ($HR = 1,75$), ніж при нижчих рівнях активності ферменту.

Загальна виживаність пацієнток у передменопаузі за нормальної ваги та при ожирінні майже не відрізнялась (75 та 72,7 %, відповідно), Загальна виживаність пацієнток у постменопаузі при ожирінні достовірно нижча від такої за нормальної ваги (71,4 та 54,5 %, відповідно).

Високі рівні СР тромбоцитів впливають на процеси тромбоутворення як безпосередньо, так і через активацію

желатиназ. Вірогідно, що саме при постменопаузі ожиріння є найбільш вагомим протромбогенним чинником, який сприяє виживаності дисемінованих пухлинних клітин у судинному руслі та метастазуванню. Це відбувається внаслідок того, що метаболіти естрогенів додатково порушують рівновагу у редокс-стані жирової тканини, чим сприяють поглибленню системного окисного стресу та тромбоутворенню.

Отримані результати вказують на перспективність пошуку та дослідження факторів, що визначають парадоксальний вплив ожиріння на перебіг РМЗ, як перспективних прогностичних маркерів для персоніфікованих підходів у протипухлинній терапії.

Список використаних джерел

1. Abdel-Hamid N. M., Abass S. A. Matrix metalloproteinase contribution in management of cancer proliferation, metastasis and drug targeting. *Molecular Biology Reports*. 2021. Vol. 48, N. 9. P. 6525–6538. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06635-z>

2. Analysis of Breast Cancer Mortality in the US–1975 to 2019 / J. L. Caswell-Jin et al. *JAMA*. 2024. Vol. 331, N 3. P. 233. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2023.25881>

3. The relation between obesity and breast cancer risk in women by considering menstruation status and geographical variations: a systematic review and meta-analysis / T. Dehesh et al. *BMC Women's Health*. 2023. Vol. 23, N 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02543-5>

4. Obeagu E. I., Obeagu G. U. Breast cancer: A review of risk factors and diagnosis. *Medicine*. 2024. Vol. 103, N 3. P. e36905. DOI: <https://doi.org/10.1097/md.00000000000036905>

5. Kawai T., Autieri M. V., Scalia R. Adipose Tissue Inflammation and Metabolic Dysfunction in Obesity. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00379.2020>

6. Breast Cancer–Epidemiology, Risk Factors, Classification, Prognostic Markers, and Current Treatment Strategies–An Updated Review / S. Łukasiewicz et al. *Cancers*. 2021. Vol. 13, N 17. P. 4287. DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers13174287>

7. Smolarz B., Nowak A. Z., Romanowicz H. Breast Cancer–Epidemiology, Classification, Pathogenesis and Treatment (Review of Literature). *Cancers*. 2022. Vol. 14, N 10. P. 2569. DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers14102569>

8. A healthy lifestyle – WHO recommendations. *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>

9. Wu J., Heemskerk J. W. M., Baaten C. C. F. M. J. Platelet Membrane Receptor Proteolysis: Implications for Platelet Function. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2021. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.608391>

¹Хренова К., ²Косач В., ¹Вороніна О., ²Бориско П.

e-mail: k.khrenova@enamine.net

¹ІНЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²Науково-виробниче підприємство "Снамін"

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИПУХЛИННОЇ АКТИВНОСТІ НОВИХ АНАЛОГІВ ПІПЕРИНУ ЩОДО КЛІТИН ПОТРІЙНО-НЕГАТИВНОГО РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ *IN VITRO*

Khrenova K., Kosach V., Voronina O., Borysko P. An investigation of anticancer activity of new piperine analogues in triple-negative breast cancer cells in vitro

In the presented study five newly synthesized piperine derivatives were tested for their anticancer properties in cytotoxicity assay. The best candidates were chosen for further investigation of their effectiveness against triple negative breast cancer using clonogenic assay and morphological profiling. As the result, three of 5 analogues have shown a significant anti-proliferative effect and could be used for further evaluation in the animal models of triple-negative breast cancer.

Потрійно-негативний рак молочної залози (TNBC) становить групу гетерогенних злоякісних захворювань з низькою або ж повністю відсутньою експресією рецепторів естрогену, прогестерону й епідермального фактора росту 2, які характеризуються високим рівнем агресивної прогресії розвитку трансформованих клітин та слабкими прогнозами щодо одужання й виживаності пацієнтів [2]. Цей тип ракових захворювань погано піддається стандартним методикам лікування, до яких на разі входять хірургічні видалення пухлин, хіміс-, імуні- та радіотерапії, що спонукає до пошуку нових стратегій боротьби з TNBC.

Застосування нутрицевтиків рослинного походження є перспективним рішенням лікування потрійно-негативного раку

молочної залози завдяки дії на трансформовані клітини без значних побічних ефектів. Зокрема, нітрогенвмісний алкалоїд чорного перцю, піперин демонструє протипухлинну активність для цієї групи захворювань завдяки своїм властивостям пригнічення проліферативного потенціалу клітин, порушення клітинного циклу, індукції апоптотичних реакцій тощо [1]. Однак через ліпофільну природу рівень біодоступності піперину є низьким, через що синтезують його аналоги з внесенням модифікацій у структуру материнської речовини, які зазвичай проявляють кращі властивості порівняно з власне алкалоїдом чорного перцю [3].

Мета роботи – оцінити протипухлинний потенціал піперину та його нових синтезованих аналогів на клітинних лініях потрійно-негативного раку молочної залози за умов *in vitro*.

У ході роботи було досліджено цитотоксичну дію піперину і його п'яти аналогів (EN300-46963040, EN300-47312900, EN300-47312903, EN300-47333291, EN300-46963041) на лініях клітин MDA-MB-231 та MDA-MB-436 шляхом детекції вмісту АТФ живих клітин. За результатами оцінювання життєздатності клітин було відібрано три сполуки (EN300-47312900, EN300-47312903 і EN300-47333291), які проявили значну цитотоксичну активність на обох клітинних лініях за показниками IC50. На наступних етапах експерименту відібрані аналоги були протестовані на здатність пригнічення клоногенного потенціалу клітин TNBC, а також було проаналізовано фенотиповий профіль клітин із застосуванням методу Cell Painting.

Аналіз колонієутворення клітин потрійно-негативного раку молочної залози продемонстрував кращу ефективність відібраних аналогів порівняно з материнською сполукою піперину, серед яких найбільш активним виявився аналог EN300-47312903, що значною мірою знижував клоногенний потенціал клітин MDA-MB-436.

Під час оцінювання клітинного фенотипу всі три аналоги, окрім зменшення кількості живих клітин, викликали й значні порушення у структурі органел MDA-MB-436, зокрема зміни морфології ядер та появу багатоядерності, що свідчить про вплив на клітинний цикл та поділ.

Отже, у ході *in vitro* досліджень три з п'яти нових синтетичних аналогів піперину виявилися більш ефективними порівняно з

материнською молекулою, продемонструвавши вищий рівень цитотоксичності та здатність пригнічувати клоногенний потенціал клітин потрійно-негативного раку молочної залози. Протестовані сполуки рекомендовані для подальшого тестування у моделях потрійно-негативного раку молочної залози за умов *in vivo*.

Список використаних джерел

1. The Promise of Piperine in Cancer Chemoprevention / S. Benayad et al. *Cancers*. 2023. Vol. 15, N 22. P. 5488. DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers15225488>
2. New Achievements for the Treatment of Triple-Negative Breast Cancer / A. Catalano et al. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, N 11. P. 5554. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12115554>
3. Design, synthesis and biological evaluation of piperine derivatives as potent antitumor agents / X.-J. Wang et al. *Fitoterapia*. 2024. Vol. 177. P. 106118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.106118>

Хрещенюк В., Ковалевська Л., Кашуба О.

e-mail: khreshcheniuk.vs@gmail.com

Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології
ім. Р. Є. Кавецького НАН України,
ННЦ "Інститут біології і медицини"
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

СТАБІЛЬНІСТЬ мРНК ТА КІНЕТИКА ЇЇ РОЗПАДУ ДЛЯ ГЕНІВ РОДИНИ MRPS18 (MRPS18-1-3) У КЛІТИНАХ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ

Khreshcheniuk V., Kovalevska L., Kashuba E. mRNA stability and decay kinetics for MRPS18 family genes (MRPS18-1-3) in breast cancer cells

The MRPS18 family genes encode proteins that are part of the small subunit of the mitochondrial ribosome and are involved in mitochondrial protein synthesis, and at least the MRPS18-2, in cell cycle control, apoptosis, epithelial-mesenchymal transition, cancerogenesis, and maintenance of pluripotency. We found that the mRNA of the MRPS18-2 gene has the lowest stability among the analysed transcripts ($T_{1/2} \approx 15-16$ hours), while the MRPS18-2 protein is the most stable at the protein level ($T_{1/2} > 4$ hours) among these three family proteins. The future studies will shed some light on the molecular mechanisms underlying this phenomenon.

Гени родини *MRPS18* (*MRPS18-1-3*) кодують білки, що входять до складу малої субодиниці мітохондріальної рибосоми та беруть участь у мітохондріальному білковому синтезі. Проте останні дослідження вказують на наявність у цих білків позарибосомальні функції, пов'язаних із контролем клітинного циклу, апоптозу, епітеліально-мезенхімального переходу та підтриманням плюрипотентності. Зокрема, протеїн *MRPS18-2* взаємодіє з білком ретинобластоми (RB), унаслідок чого активується функція транскрипційного фактора E2F1. Транскрипційний фактор KLF4, що відомий як маркер стовбурових клітин, задіяно в активації транскрипції гена *MRPS18-2* [1–3].

Показано, що *MRPS18-2* оверекспресовано у пухлинних клітинах під час раку ендометрія, передміхурової залози, гепатоцелюлярній карциномі, гліобластомі та молочної залози (PM3). У зразках PM3 спостерігали локалізацію білка *MRPS18-2* не тільки у цитоплазмі, а також у ядрі. Такі зразки пухлин також характеризувалися високим індексом Ki-67, низьким ступенем диференціації пухлини та наявністю метастаз, що підтверджують потенційну роль патерну експресії *MRPS18-2* як маркера агресивності. Інші члени родини – *MRPS18-1* та *MRPS18-3* – залишаються значно менш охарактеризованими [4, 5].

Незважаючи на важливість стабільності протеїнів та мРНК у життєдіяльності клітин, особливо злоякісно трансформованих клітин, такі характеристики не відомі для генів родини *MRPS18*. Це є актуальним в онкологічному контексті, оскільки стабільність мРНК впливатиме і на рівень білкового продукту, що може асоціюватися із рівнем проліферативної активності клітин, агресивності пухлин та їх терапевтичну резистентність.

Метою роботи є аналіз стабільності мРНК генів родини *MRPS18* (*MRPS18-1-3*) у клітинах ліній раку молочної залози MCF-7.

Культура клітин, вивчення кінетики розкладу мРНК при дії актиноміцину D (1 мкг/мл, 0–24 год із певними інтервалами часу), виділення мРНК, кількісна ПЛР (кПЛР).

Встановлено, що мРНК гена *MRPS18-2* характеризується найменшою стабільністю серед аналізованих транскриптів ($T_{1/2} \approx 15-16$ год), тоді як *MRPS18-1* та *MRPS18-3* демонструють

вищу стабільність (≈ 20 та 22-23 год), як показано методом кПЛР під дією актиноміцину Д (рис. 1).

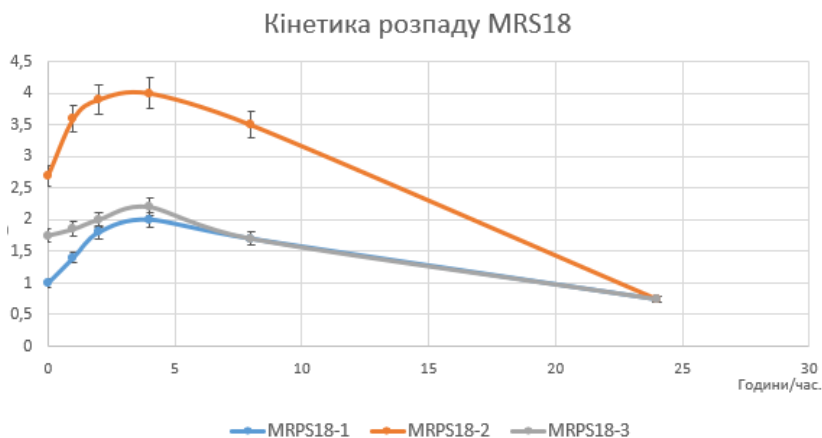


Рис. 1. Результати кількісної полімеразної ланцюгової реакції (qPCR) для оцінювання експресії генів MRPS18-1, MRPS18-2 та MRPS18-3 у клітинах раку молочної залози MCF-7 (порівняно з референсним геном TBP)

Раніше нами показано методом деградації білків *in vitro*, що протеїн MRPS18-2 має високу стабільність ($T_{1/2} > 4$ год). Водночас $T_{1/2}$ протеїну MRPS18-3 – приблизно 45 хв, а білок MRPS18-1, скоріше всього, руйнується швидко протеазами ($T_{1/2}$ не більше 5 хв). Таким чином, висока стабільність білка MRPS18-2 не обумовлена стійкістю транскрипта, що свідчить про наявність специфічних молекулярних механізмів, встановленню яких буде присвячене подальше дослідження.

Дану роботу було підтримано відомчою програмою Національної Академії наук України, номер державної реєстрації 0123U100099.

Список використаних джерел

1. Фешина М., Кашуба О., Ковалевська Л. Вивчення убівітинування білків родини MRPS18 *in vitro*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2022. 30. С. 117–121.
2. Expression of mitochondrial ribosomal protein S18-2 in human breast cancer of different molecular subtypes / Fechina M. et al. *Experimental*

Oncology. 2018. 40(4). P. 303–308. URL: <https://exp-oncology.com.ua/article/8055>.

3. Overexpression of MRPS18-2 immortalizes primary rat embryonic fibroblasts and endows them with stem cell properties / Kashuba E. et al. *Cell Death & Disease*. 2009. Vol. 1(1). e44. DOI: <https://doi.org/10.1038/cddis.2009.46>

4. MRPS18-2 protein, a transcriptional target of KLF4, contributes to cell reprogramming / Mushtaq M. et al. *Cell Cycle*. 2018. 7 (7). P. 875–888. DOI: <https://doi.org/10.1080/15384101.2018.1442622>

5. MRPS18-2 protein affects cell cycle regulation and E2F1 release from the RB/E2F1 complex / Mushtaq M. et al. *Oncotarget*. 2016. Vol. 7(3). P. 3204–3218. DOI: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.6500>

Яловенко О., Подпалова О.

e-mail: yalovenkoolda@knu.ua

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ЕКГ ПРИ СИНДРОМІ ВОЛЬФА–ПАРКІНСОНА–УАЙТА: ВІДОБРАЖЕННЯ ПЕРЕДЧАСНОГО ЗБУДЖЕННЯ ШЛУНОЧКІВ ПОРІВНЯНО З НОРМАЛЬНОЮ ПРОВІДНІСТЮ

Yalovenko O., Podpalova O. Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome is a cardiac conduction disorder involving an accessory pathway that leads to early ventricular activation

This results in distinct ECG changes: shortened PR interval, widened QRS complex, and the presence of a delta wave. Unlike the normal ECG, where the impulse travels through the AV node with a delay, WPW bypasses this delay, causing preexcitation. Concomitant arrhythmia increases the risk of dangerous rhythm abnormalities.

Електрокардіограма (ЕКГ) є швидким та неінвазивним діагностичним методом для оцінювання електричної активності серця. Під час процедури на шкіру рук, ніг та грудної клітки пацієнта розміщуються електроди. Ці електроди вловлюють електричні імпульси, що генеруються серцем. Електрокардіограф підсилює, фільтрує та аналізує ці сигнали, відображаючи їх у вигляді графічного запису – електрокардіограми. Цей запис надає

важливу інформацію про ритм, частоту серцевих скорочень та наявність певних патологій. ЕКГ є фундаментальним інструментом для діагностики серцево-судинних захворювань.

Аналіз електрокардіограми, отриманої під час лабораторного заняття з дисципліни "Фізіологія людини" (рис. 1) показав такі результати: синусовий вузол є водієм ритму серця, про що свідчить регулярна та незмінна форма зубця Р, що передує кожному комплексу QRS. Крім того, після кожного зубця Р реєструється комплекс QRS, що вказує на послідовність процесів деполяризації: спочатку передсердь, а потім шлуночків. Тривалість інтервалу PQ становить 0,12 с, що є ознакою нормального часу проведення імпульсу від передсердь до шлуночків через атріовентрикулярний (АВ) вузол. Комплекс QRS триває 0,08 с, що відповідає часу деполяризації шлуночків у здорової людини. Частота серцевих скорочень становить 94 уд./хв.



Рис. 1. Запис ЕКГ у здорової людини

Синдром Вольфа–Паркінсона–Уайта (WPW) – це порушення серцевої провідності, спричинене наявністю додаткового атріовентрикулярного шляху (пучка Кента), що призводить до передчасного збудження шлуночків [1]. Діагностика WPW ґрунтується на характерних змінах, які відображаються на електрокардіограмі (ЕКГ).

У нормі електричний імпульс, що генерується синусовим вузлом, проходить через атріовентрикулярний (АВ) вузол, перш ніж досягти шлуночків. Однак за наявності додаткового шляху імпульс може обійти АВ-вузол і безпосередньо активувати шлуночки, спричиняючи їх ранню деполяризацію (рис. 2). Це явище передчасного збудження проявляється на ЕКГ скороченням інтервалу PR.

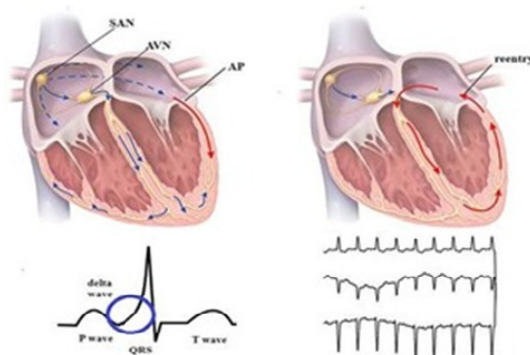


Рис. 2. Патофізіологія провідності при синдромі Вольфа–Паркінсона–Уайта [4]

Іншою характерною ознакою є дельта-хвиля – початкова зазубреність комплексу QRS [2]. Дельта-хвиля виникає через швидке проведення імпульсу до шлуночків обхідним шляхом, що призводить до майже одночасного початку деполяризації шлуночків від двох джерел (AV-вузла та додаткового шляху), створюючи таким чином нечіткий початок комплексу QRS відразу після зубця Р.

З метою практичної ілюстрації досліджуваних процесів, було використано електрокардіограму, надану кваліфікованим медичним фахівцем (рис. 3). Для запису ЕКГ при WPW-синдромі характерно: тахікардія з частотою до 200 уд./хв, короткий інтервал PR ($< 0,12$ с) через ранню деполяризацію шлуночків, яка виникає внаслідок обходу АВ-вузлової затримки, QRS-комплекс розширений ($> 0,12$ с), з характерною дельта-хвилею, яка виникає через передзбудження шлуночків та вторинні зміни хвиль ST та Т [4].

Представлений аналіз електрокардіограм чітко ілюструє фундаментальні відмінності між електричною активністю серця здорової людини та пацієнта із синдромом Вольфа–Паркінсона–Уайта. У нормі злагоджене проведення імпульсу через атріовентрикулярний вузол забезпечує впорядковану послідовність деполяризації передсердь (інтервал PQ становить $0,12$ с) та шлуночків (тривалість комплексу QRS $0,08$ с), що відображається стабільними часовими інтервалами та морфологією ЕКГ-комплексів.

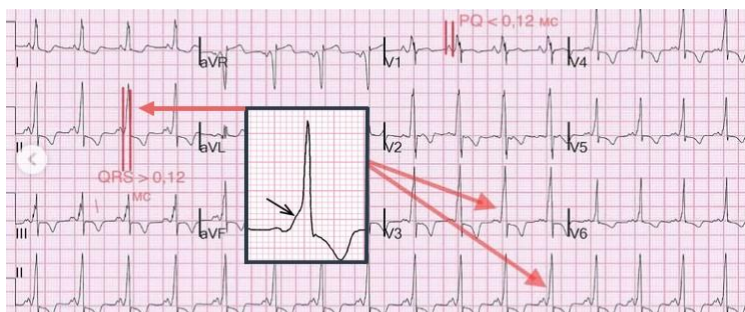


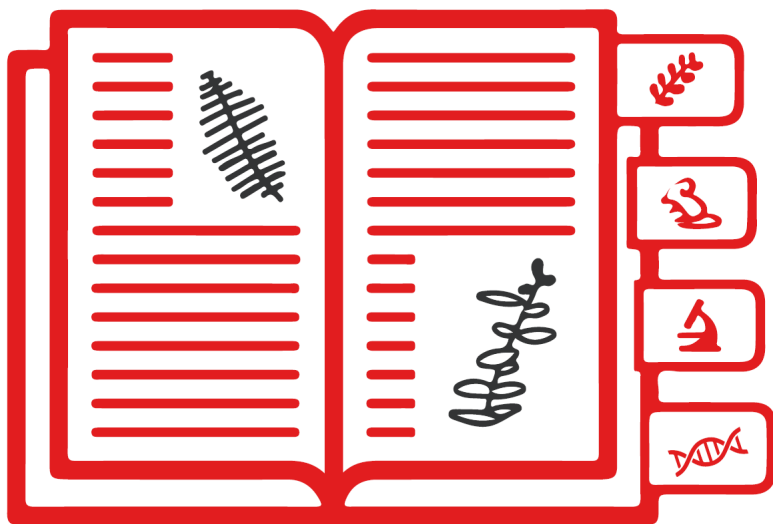
Рис. 3. Запис електрокардіограми у людини з синдромом Вольфа–Паркінсона–Уайта

На противагу цьому, наявність аномального шляху провідності при WPW-синдромі кардинально змінює електрофізіологічні процеси в міокарді, призводячи до передчасного збудження шлуночків. Ця патологічна особливість знаходить своє відображення у характерній тріаді ЕКГ-ознак: укороченні інтервалу PR, розширенні комплексу QRS з наявністю дельта-хвилі, що є прямим наслідком порушення нормальної послідовності активації серцевого м'яза. Виявлені електрокардіографічні критерії не лише підкреслюють патогенетичні механізми WPW-синдрому, але й акцентують важливість ЕКГ як ключового інструменту для його своєчасної діагностики, оцінювання ризику розвитку тахіаритмій та визначення подальшої лікувальної стратегії.

Список використаних джерел

1. Bhattad P. B., Jain V. Revisiting Electrocardiographic Wolff-Parkinson-White Pattern. *The Journal of Medical Research*. 2020. Vol. 6, N 4. P. 114–116. DOI: <https://doi.org/10.31254/jmr.2020.6401>
2. A computational study on the influence of antegrade accessory pathway location on the 12-lead electrocardiogram in Wolff-Parkinson-White syndrome / K. Gillette et al. *Europace*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/eaue223>
4. Wolff-Parkinson-White Pattern in the Setting of Antibody-Mediated Rejection After Heart Transplant / L. Chong et al. *HeartRhythm Case Reports*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrcr.2023.06.014>
5. Wolf-Parkinson-White Syndrome: Diagnosis, Risk Assessment, and Therapy – An Update / R. G. Vătășescu et al. *Diagnostics*. 2024. Vol. 14, N 3. P. 296. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14030296>

ЗАГАЛЬНА БІОЛОГІЯ
ДЛЯ ШКОЛЯРІВ



GENERAL BIOLOGY
FOR SCHOOLCHILDREN

Бігун С., Філіпєць Є.

e-mail: snassnikiforov@gmail.com

Приватний заклад загальної середньої освіти
ліцей "АЙ ТІ СТЕП СКУЛ КИЇВ"

ОЦІНЮВАННЯ ХРОНІЧНОГО СТРЕСУ У ЩУРІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ЯК ТВАРИНИ-АСИСТЕНТИ В ПРОГРАМАХ ПСИХОЕМОЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ

Bigun S., Filipets E. Assessment of chronic stress in rats used as animal assistants in psycho-emotional support programmes

In recent years, there has been growing interest in the use of assistance animals in rehabilitation and educational programs, both in Ukraine and worldwide. The Kyiv Zoological Park, in collaboration with rehabilitation specialists, actively engages in programs for children and adults involving assistance animals. Ensuring animal welfare is one of the top priorities for modern zoos. In this study, behavioral tests were conducted to assess stress levels in rats involved in public interaction settings.

Інтерес до використання тварин-асистентів у реабілітаційних і навчальних програмах зростає як в Україні, так і світі. Київський зоологічний парк спільно з фахівцями профільних центрів бере активну участь у програмах реабілітації дітей та дорослих, використовуючи тварин-асистентів. Оскільки сучасні зоопарки вважають питання забезпечення комфорту тварин одним з пріоритетних напрямів діяльності, важливою задачею є контроль психологічного благополуччя тварин, що залучені до такої роботи.

Для дослідження психологічного благополуччя наших тварин-асистентів ми обрали щурів, адже вони давно є модельним об'єктом для тестування різноманітних ліків, які впливають на психоемоційний стан. Тож для них є добре описані методи, які перевірені на великих вибірках тварин. Крім стандартних методів оцінювання стресу, таких як метод відкритого поля, хрестоподібний припіднятий лабіринт, соціальний тест тощо, є й більш новітні методи, що сфокусовані на оцінюванні дослідницької поведінки. У нашому експерименті ми обрали тест, що описаний шведськими авторами для мишей лінії C57BL/6N [1]. Ми модифікували описану авторами конструкцію, збільшивши розмір всіх елементів удвічі.

У дослідженні взяли участь 29 лабораторних щурів жіночої статі (15 особин в експериментальній і 14 у контрольній групі), на початку досліду їхній вік становив 1,5 місяця, на момент проведення тесту – 11 місяців. З тваринами контрольної групи контактували лише 2 людини, які доглядали за ними. З експериментальною групою, окрім згаданих вище людей, контактували також незнайомі їм люди. Загалом кожна окрема тварина з експериментальної групи брала участь у заходах не частіше, ніж раз на 2 тижні, не довше, ніж 2 год за один раз. Втім перед проведенням тесту усі 15 особин з експериментальної групи раз на 2 дні брали участь у публічних заходах, де контактували з 10–15 незнайомими їм людьми протягом 1,5–2,0 год.

Тестування тварин проводили протягом одного дня для кожної з груп. Дослідницьку арену облаштували, як описано у авторів методики. Стартова коробка була розташована по центру арени та була порожньою всередині. Бокси, розташовані по краях, були з таким наповненням: сіно, солома, гілочки шовковиці, туалетний папір, втулки з туалетного паперу, труби з картону, будиночок з картону, вивернута та наповнена водою рукавиця, яку незадовго до цього носив дослідник.

Кожну тварину поміщали на арену на 10 хв, починаючи зі стартового боксу. Поведінку фіксували за допомогою відеокамери, що була розташована над ареною. Під час проведення тесту спостерігачі в приміщенні не були присутні. Після тестування отримані відеозаписи аналізували, фіксуючи такі показники: тривалість перебування в стартовому боксі, тривалість перебування в полі арени, тривалість перебування в боксах.

Також фіксували такі поведінкові акти: завмирання, вертикальна стійка, довгий аутогрумінг, короткий аутогрумінг, дослідження предмета в боксі, взаємодія з предметом в боксі, кількість болюсів.

Вірогідні відмінності між контрольною та дослідною групою спостерігалися за реакцією завмирання та взаємодії з предметом. За часом перебування в різних зонах арени різниця між контрольною та дослідною групою виявлена лише за часом перебування в стартовому боксі. Вірогідність відмінності груп за цією ознакою дорівнює $p = 0,051$. У щурів з експериментальної групи жодного разу не було зафіксовано реакції завмирання, у той

час як у дослідної групи така реакція спостерігалася в середньому 1,21 раз. Водночас контрольна група проявляла більше дослідницької поведінки при взаємодії з предметом.

Згідно з результатами проведеного дослідження різниця в проявах ознак стресу у щурів дослідної і контрольної групи є різнонапрявленою, не є суттєвою і зафіксована лише за двома ознакам із 10 досліджуваних.

Список використаних джерел

1. Spangenberg E. M. F., Wichman A. Methods for Investigating the Motivation of Mice to Explore and Access Food Rewards. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 2018. Vol. 57, N 3. P. 244–252. DOI: <https://doi.org/10.30802/aalas-jaalas-17-000080>

¹Bilous M., ²Holovan V., ²Andriychuk O.

e-mail: mykhailo.v.bilous@gmail.com

¹PZO "KLARIS VERBIS HIGH SCHOOL" LLC,

²Taras Shevchenko National University of Kyiv

INFLUENCE OF SOME PHYSICAL FACTORS ON PHAGE RESISTANCE IN A POTENTIAL DRUG TO COMBAT PHYTOPATHOGENS

The research is devoted to the study of bacteriophages and the possibility of their use as an antibacterial drug. Scientific studies show that phages can be used as potential agents that do not have a negative impact on the environment and human health. The study is relevant precisely because bacteriophages are prospective candidates for large-scale use to combat phytopathologies of bacterial origin [1].

Viruses are self-replicating agents, the effectiveness of which is regulated by interspecific relations between the virus and the host organism. The success of using a drug based on bacteriophages depends on many factors, and an important role is played by the type of virus, its resistance to adverse environmental factors, and the concentration of bacteriophages in the mixture proposed for use. Therefore, the potential drug was tested for its ability to preserve infections at different temperatures and pH (from 1 to 13 with NaOH or HCl in buffer). To do this, a cocktail of phages was added to the

upper agar layer of host bacteria using the double agar layer method, which was then poured onto a plate with a lower agar layer. The plates were incubated at different temperatures. The results were recorded by the number of phages on the plates [2, 3].

The drug was also tested *in vivo* on plant seeds. The seeds were treated with the drug before planting in the soil. As a result, preventive treatment of seeds with the drug not only reduced bacterial contamination, but also accelerated seed germination, improved plant growth and development, in contrast to untreated samples. The potential drug retained its effectiveness in *in vivo* conditions in the range of 18–26 °C and pH 5.5–7.5.

References

1. Bacteriophages for Plant Disease Control / J. B. Jones et al. *Annual Review of Phytopathology*. 2007. Vol. 45, N 1. P. 245–262. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.45.062806.094411>
2. Recent advances in bacteriophage-based therapeutics: Insight into the post-antibiotic era / Ling H. et al. *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2022. 12 (12). P. 4348–4364.
3. Vu N. T., Oh C.-S. Bacteriophage Usage for Bacterial Disease Management and Diagnosis in Plants. *The Plant Pathology Journal*. 2020. Vol. 36, N 3. P. 204–217. DOI: <https://doi.org/10.5423/ppj.rw.04.2020.0074>

ІВКО С.

e-mail: ivkosofiya@gmail.com

Київський палац дітей та юнацтва

МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН АРАУКАРІЇ З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОГО АНАЛІЗУ ЇХ ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Ivko S. Micropropagation of araucaria plants for the analysis of their phytoremedial potential

This study is devoted to the optimization of micropropagation protocol of araucaria plants as we consider them the promising object for phytoremediation of heavy metals pollution in Ukraine.

Фіторемедіаційні методи мають ряд переваг над іншими методами очищення довкілля, оскільки характеризуються невисокою собівартістю, екологічно безпечним застосуванням з

огляду на зниження ризику повторного поширення забрудника та можливість ремедіації одразу кількох забрудників різних типів. Крім того, що рослини араукарії характеризуються лікувальними властивостями, у науковій літературі є повідомлення про значний фіторемераційний потенціал цих рослин (зокрема, про їх стійкість до наявності нікелю у ґрунтах, а також про здатність до відновлення хрому [1, 2]).

Метою нашого дослідження було оптимізувати умови мікроклонального розмноження рослин араукарії, а також проаналізувати здатність отриманих рослин до відновлення іонів хрому (VI) та акумулювання іонів нікелю, свинцю, купруму та кадмію.

Таким чином, метод послідовної обробки експлантів араукарії (розгалужених ділянок пагонів довжиною приблизно 3-4 см) 70 % розчином етилового спирту протягом 1 хв та 15 % розчином комерційного препарату білізна (2 % гіпохлориту натрію) протягом 15 хв із подальшим відмиванням експлантів стерильною дистильованою водою протягом 5 хв по 4 рази, дозволив провести ефективну поверхневу стерилізацію експлантів араукарії з метою введення рослин у культуру *in vitro*. Культивування рослин араукарії здійснювалося на живильному середовищі MS за температури 20–22 °C протягом 12-годинного освітлення, при цьому інтервал пасажування становив у середньому 2-3 тижні.

Для стимуляції коренетворення на експлантах рослин араукарії до живильного середовища додавали регулятори росту у різних концентраціях та комбінаціях та проводили *Agrobacterium rhizogeneses* – опосередковану трансформацію, яка згідно з опублікованими даними [3] здатна ініціювати коренетворення голоносісних рослин через формування культури "волохатих" коренів.

Таким чином, досліджувані рослини культивували на середовищах з додаванням регуляторів росту: 0,5 мМ та 1,0 мМ нафтилоцтової кислоти (НОК), 2 мМ індолілоцтової кислоти (ІОК), 2,2 мМ 6-бензиламінопурина (БАП), 0,7 мМ, 0,5 мМ та 1,0 мМ індолилмасляної кислоти (ІМК). Високу частоту укорінення спостерігали за одночасного додавання 0,7 мМ ІОК та 0,7 мМ ІМК до живильного середовища через 5-6 тижнів після введення рослин араукарії в культуру. Водночас ми не спостерігали жодних

змін в ефективності процесів коренетворення внаслідок проведення генетичної *A. rhizogeneses*-опосередкованої трансформації отриманих рослин.

Надалі з метою оцінювання здатності рослин араукарії до відновлення шестивалентного хрому у живильному середовищі отримані рослини культивували у рідкому живильному середовищі MS з додаванням хрому (VI) у концентраціях: 2 ГДК, 6 КДК та 12 ГДК на орбітальному шейкері протягом 5 діб. Обрані концентрації були запропоновані з огляду на опубліковані дані вмісту хрому (VI) у р. Дніпро (від 2 до 12 ГДК) [5]. Вміст хрому (VI) визначали спектрофотометрично з використанням дифенілкарбазиду. Попередні дослідження показали зниження вмісту іонів хрому до слідових кількостей в середовищі, яке містило 2 ГДК, на 3 добу культивування, а також зниження вмісту шестивалентного хрому до слідових кількостей на 4 добу проведення досліду у випадку застосування високих концентрацій хроматів – 6 та 12 ГДК.

З метою оцінювання здатності рослин араукарії до акумуляції важких металів свинцю, нікелю, купруму та кадмію отримані рослини культивували на середовищах з додаванням перелічених металів у концентраціях 5–8 ГДК нікелю, 10–15 ГДК свинцю, 3–7 ГДК купруму і 2–5 ГДК кадмію [5]. Через 7 діб рослини відмивали, висушували за температури 28 °С, рослинний матеріал подрібнювали. У найближчому майбутньому плануємо визначення концентрації кислоторозчинних (після вилучення 1,0 н HCl, 0,1 н H₂SO₄) та рухомих (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8) форм важких металів і мікроелементів методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Список використаних джерел

1. Soil fertility affects elemental distribution in needles of the conifer *Araucaria angustifolia*: A microanalytical study / J. Z. Barbosa et al. *CERNE*. 2017. Vol. 23, N 2. P. 257–266. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104776020172302313>
2. Bertolotti G., Gialanella S. Review: use of conifer needles as passive samplers of inorganic pollutants in air quality monitoring. *Analytical Methods*. 2014. Vol. 6, N 16. P. 6208. DOI: <https://doi.org/10.1039/c4ay00172a>

3. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15, N 3. P. 473–497. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

4. Hairy Root Cultures—A Versatile Tool With Multiple Applications / N. Gutierrez-Valdes et al. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00033>

5. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : Наказ МОЗ України від 02.05.2022 № 721 : станом на 21 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>.

Малашенко В., Латишенко Л., Подпалова О.

e-mail: malashenko228o@gmail.com

Український фізико-математичний ліцей

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ОЦІНЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО СТАНУ УЧНІВ 8-9 КЛАСІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Malashenko V., Latyshenko L., Podpalova O. Assessment of the cognitive state of students in grades 8-9 under martial law

The work investigated the cognitive state of adolescents aged 13 to 15 years studying at the Ukrainian Physics and Mathematics Lyceum of Kyiv National University. The methods used in this study are electroencephalography and cognitive tests such as the Eriksen Flanker Task and N-Back. The results were statistically processed and conclusions were formulated about the impact of martial law.

Вплив воєнного стану на когнітивний і психічний стан дітей має надважливе значення через його руйнівні наслідки: подальший ризик розвитку психічних розладів, гостру реакцію на стрес через відлучення від сім'ї і переміщення до більш безпечних зон подаль від дому, постійний страх (у т.ч., специфічні фобії) [1]. Під впливом стресу можуть виникати значні порушення у когнітивних функціях. Одним із таких аспектів є увага. Стрес може впливати на здатність людини концентруватися на завданні, ускладнюючи процес збереження уваги на певних діях або інформації. Пам'ять також стає вразливою до впливу стресу. Одним із найважливіших аспектів

когнітивних функцій є мислення та прийняття рішень. Стрес може ускладнити процеси обробки інформації та аналізу, що може призвести до повільної реакції на ситуації або навіть до прийняття неоптимальних рішень [3].

Отже, вплив стресу на когнітивні функції є комплексним і має широкий спектр проявів.

Населення України зіткнулося з цією проблемою: в умовах воєнного стану на території країни страждають у тому числі діти. Тема роботи є наразі актуальною через тривалі воєнні дії на території України, що має згубний вплив на когнітивний стан і ментальне здоров'я дітей та підлітків.

Дослідження показують, що під час стресових ситуацій може спостерігатися порушення процесів запам'ятовування та згадування інформації. Пам'ять поділяється на довгострокову і короткострокову. Короткостроковою пам'яттю називають пам'ять про події, що відбулись невеликий проміжок часу тому. Робоча пам'ять – різновид короткотривалої пам'яті, яка зберігає невеликі обсяги інформації, що мають бути використані в найближчі кілька хвилин (напр., людина запам'ятала пароль від облікового запису, який потрібно ввести у той же момент, задіяно робочу пам'ять) [2].

Сигнали мозку вимірюються за допомогою різних методів, зокрема, таких як електроенцефалографія (ЕЕГ), магнітоенцефалографія (МЕГ) і функціональна магнітно-резонансна томографія (фМРТ). ЕЕГ вимірює електричну активність мозку за допомогою електродів, розміщених на шкірі голови. Завдання Еріксена, N-Back використовуються для оцінювання когнітивних функцій, пов'язаних із контролем уваги, виконавчими функціями, робочою пам'яттю та гнучкістю мислення.

Метою роботи стало дослідити й оцінити когнітивний стан учнів 8-9 класів в умовах воєнного стану.

Методи дослідження

1. Електроенцефалографія (ЕЕГ) – метод реєстрації електричної активності мозку за допомогою електродів, прикріплених до скальпу. Реєстрація електроенцефалограми відбувалася в стані спокою із закритими очима з використанням програмно-апаратного комплексу "Нейроком" ("ХАІ Медика", Харків, Україна) протягом 3 хв.

2. Когнітивні тести (фланкерне завдання Еріксена та N-Back) – завдання, що виконуються учасниками на комп'ютері, з метою дослідити рівень уваги та пам'яті.

У дослідженні взяли участь 15 здорових учнів-добровольців фізико-математичного ліцею Київського національного університету імені Тараса Шевченка ($n = 15$, $n_{\text{чол}} = 10$; $n_{\text{жін}} = 5$) віком від 13 до 15 років.

Властивість мозку ігнорувати сторонні подразники і фокусуватися на одному об'єкті досліджується у фланкерному завданні Еріксена. У результаті проведеного тестування виявили, що середній ЧР виконання завдань при неконгруентних фланкерах більший, ніж при конгруентних, в той час як точність виконання завдань зменшується. Це стандартний прояв фланкерного ефекту.

Завдання N-Back у даному дослідженні проводилось у трьох варіантах: 0-back, 1-back, 2-back. Розглянутий був 2-back варіант, оскільки перші два варіанти вважаються тренувальними і не мають у собі сенсу. Розглянутий був показник d' , який є числовим значенням, що демонструє рівень ефективності виконання завдання. Під час проходження завдання N-back учасники демонструють стандартну картину: зі зростанням складності завдань спостерігається зменшення ефективності його виконання.

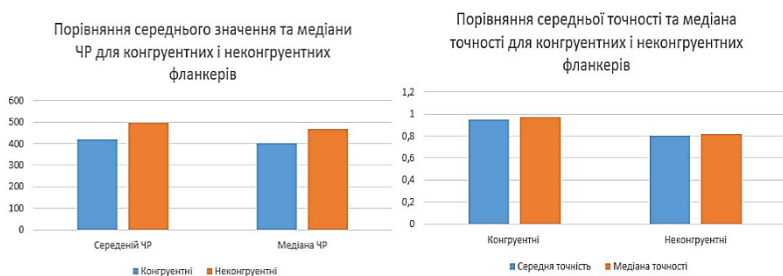


Рис. 1. Порівняльні діаграми часу реакції (ЧР) і точності виконання фланкерного завдання Еріксена окремо для стимулів з конгруентними та неконгруентними фланкерами

У результаті проходження тестових завдань у двох груп не виявлено порушень у роботі когнітивних функцій мозку, при цьому учні демонструють хороший рівень уваги та робочої пам'яті.

Подальша обробка ЕЕГ записів здійснювалася за допомогою методу квадратичної когерентності. Кожен зв'язок між електродами показує ступінь лінійної залежності між ними, тобто наскільки сигнал одного електрода може бути передбачений сигналом з іншого електрода, і навпаки. Графік когерентності відображає статистичне співвідношення між двома сигналами в заданому діапазоні частот.

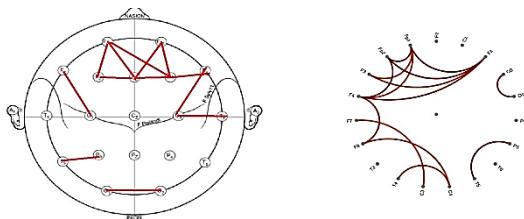


Рис. 2. Топографічний розподіл сильних когерентних зв'язків у діапазоні α_1 ; $n = 15$, $K > 0,6$

У піддіапазоні α_1 (від 7,5 Гц до 9,4 Гц) група обстежуваних характеризувалася утворенням зв'язків переважно у фронтальних (лобових) і префронтальних (нижніх лобових) відділах кори великих півкуль головного мозку. Спостерігаються також зв'язки у потиличній, тім'яній та скроневій областях. Присутня симетрія зв'язків у правій та лівій півкулях між задніми лобовими та центральними зонами.

Результати, отримані за допомогою електроенцефалографічного дослідження, демонструють виражену мережу сильних зв'язків першого піддіапазону α -активності, що можна загалом пов'язати із посиленням поведінковим інгібуванням.

Отже, у ході проведеного дослідження не було виявлено виражених змін, які можна було б пов'язати із тривалим впливом стресогенних факторів. Стресостійкість обстежуваних учнів може бути пов'язана з високим рівнем їхнього інтелекту, що узгоджується із результатами когнітивного тестування.

Висновки

1. Виявлено високий рівень уваги та відсутність порушень її функцій в учнів УФМЛ.

2. Зі зростанням складності завдання N-Back збільшується час реакції та зменшується точність реакції на стимули, водночас не виявлено зменшення уваги і погіршення робочої пам'яті.

3. Результати дослідження свідчать про високий рівень роботи когнітивних функцій та відсутність її порушень.

4. Учні УФМЛ в умовах 2-х років воєнного стану демонструють високий рівень когнітивних функцій мозку.

Список використаних джерел

1. Impact of war and forced displacement on children's mental health—multilevel, needs-oriented, and trauma-informed approaches / D. Bürgin et al. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00787-022-01974-z>

2. D'Esposito M., Postle B. R. The Cognitive Neuroscience of Working Memory. *Annual Review of Psychology*. 2015. Vol. 66, N 1. P. 115–142. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015031>

3. McEwen B. S. Stress, Adaptation, and Disease: Allostasis and Allostatic Load. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998. Vol. 840, N 1. P. 33–44. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>

Мартинюк К., Філінець Є.

Київський зоологічний парк загальнодержавного значення
katrusiamartyniuk@gmail.com

ІЄРАРХІЯ ДОМІНУВАННЯ ТА ЇЇ ПРОЯВИ У ПАВІАНІВ АНУБІСІВ (*PAPIO ANUBIS*) КИЇВСЬКОГО ЗООПАРКУ

Martyniuk K., Filipets E. Dominance hierarchy and its manifestations in the Anubis peacocks (*Papio anubis*) in Kyiv Zoo

One of the key indicators of animal welfare is the preservation of natural behavior and social structure. Proper group formation is crucial for the maintenance of social animals, particularly primates. However, in captivity, excessive aggression can lead to injuries and even fatalities among animals. This study examined the hierarchical structure of a group of Anubis baboons housed at the Kyiv Zoological Park of National Importance.

Благополуччя тварин, що утримуються в неволі є пріоритетом будь-якого сучасного зоопарку. Однією з ознак благополуччя

тварин є збереження природної поведінки та соціальної структури. Правильно сформована група є дуже важливою умовою утримання, особливо таких соціальних тварин, як примати. При цьому, при утриманні в неволі надмірна агресія може призвести до травм і навіть загибелі тварин. Тому важливо вдосконалювати методи оцінювання відносин у групі задля оптимізації умов утримання.

Нами була досліджена група із 6 дорослих особин павіанів анубісів Київського зоологічного парку загальнодержавного значення. Із них один самець та 5 самиць. Вік самця – 21 рік, самиць – 20, 14, 9, 19, 18 років.

Реєстрували такі акти взаємодії, як грумінг та агоністична взаємодія, а саме: удар, укуси, переслідування, замах, ухват, випад, садка. Фіксували прояв поведінки, ініціатора та реципієнта. Якщо контактували одночасно більше двох мавп, то між кожною діадою окремо. Було проведено статистичний аналіз та порівняння даних з використанням міжгрупових порівнянь та оцінювання Девіда.

У дослідженій нами групі спостерігалася типова деспотична ієрархія. Самець є абсолютним домінантом, на місце якого ніхто не претендує. Серед самиць ієрархія мінлива. Ми визначили тенденцію до зв'язку між грумінгом та агресивністю. Чим більш агресивна тварина, тим менш активно вона виконує грумінг іншим та більш активно піддається грумінгу. Можна припустити, що грумінг є засобом вирішення конфліктів в групі. Також було виявлено, що поведінка в групі лишається сталою при зміні вольєру, незалежно від того, перебувають примати на вулиці чи в приміщенні.

Під час дослідження були встановлені найбільш вразливі тварини в групі. Результати передані керівництву відділу. Крім того, результати спостережень можуть бути використані іншими зоопарками, що утримують павіанів анубісів.

¹Protsenko M., ²Kalmykova O., ¹Latyshenko L.

e-mail: ram@gmail.com

¹Ukrainian Physical and Mathematical Lyceum

Taras Shevchenko National University of Kyiv,

²ESC "Institute of Biology and Medicine"

Taras Shevchenko National University of Kyiv

EVALUTION OF INFLAMMATORY CHANGES IN ADIPOSE TISSUE OF OBESE RATS THREATHED WITH DIFFERENT FRACTIONS OF PHASELOUS VULGARIS EXTRACT

The search for new biologically active natural molecules for the treatment of obesity and metabolic syndrome, aiming to minimize significant side effects, remains an important research focus. Obesity has reached epidemic proportions globally. In our country, every fifth working-age individual is obese, and every fourth is overweight. The primary cause of obesity is an imbalance between energy intake, absorption, and expenditure. Consequently, effective treatment strategies are urgently needed.

The aim of this study was to characterize the morphological changes in white visceral adipose tissue (WAT) of rats under defined experimental conditions, to conduct a morphometric analysis of the inflammatory state (including the determination of cross-sectional area of adipocytes, number of crown-like structures, level of fibrosis, and number of mast cells), and to compare the effectiveness of different common bean (*Phaseolus vulgaris*) extracts in the treatment of obesity.

The application of an aqueous extract of common bean significantly mitigated the negative effects of a high-calorie diet, as evidenced by a decrease in adipocyte cross-sectional area, reduced fibrosis, and a lower number of mast cells compared to the less effective individual peptide fractions. Thus, the aqueous extract of common bean demonstrates promising efficacy for obesity treatment.

Tasks:

1. To characterize the morphological changes in white visceral adipose tissue of rats under the specified experimental conditions.

2. To perform morphometric analysis (determination of adipocyte cross-sectional area, number of crown-like structures) of white visceral adipose tissue.

3. To compare the effectiveness of various bean extracts in treating obesity.

White non-linear male rats with an initial weight of 100–120 g. Aqueous extract of common bean at a dose of 200 mg/kg. Sections of visceral adipose tissue (10 μ m thick) were prepared using a sled microtome MS-2. Collagen fibers were stained using the Mallory method, mast cells were stained by toluidine blue metachromasia, and macrophages were detected using benzidine MPO staining. Samples were examined with an Olympus BX41 light microscope (Japan). Microphotographs were obtained with an Olympus DP20 digital camera (Japan) and processed with QuickPHOTO MICRO software (Promicra, Czech Republic) and ImageJ.

The study included six experimental groups of rats, with five animals per group. The experiment lasted 10 weeks:

1. Standard diet (Control).
2. High-calorie diet (Obesity).
3. Standard diet + aqueous extract of common bean (200 μ g/L).
4. High-calorie diet + aqueous extract of common bean.
5. High-calorie diet + aqueous extract of common bean (Medium Mass Molecule fraction).
6. High-calorie diet + aqueous extract of common bean (Acetic Extraction fraction).

In the Control figure we see adipocytes of normal shape and border, a small In the Obesity figure we see enlarged adipocytes in size adipocytes and In the K+Kv figure we see adipocytes of normal shape and border, with a small. In the figure O+KV(MSM) we see slightly enlarged adipocytes, a small amount of collagen fibers and interspersed with brown adipose tissue as well. In the figure O+KV(OCT) we see slightly enlarged adipocytes, a small amount of collagen fibers, but without interspersed with brown adipose tissue.

In Control and K+KV we observe a small number of mast cells In Obesity we observe an increase in the number of mast cells and the inclusion of macrophages. In O+KV we see a small number of

macrophages and the inclusion of macrophages. In O+KV(MSM) and O+KV(OCT) there are no macrophages and there is a small number of mast cells. Let's move on to the graph of the number of mast cells:

The values in the Obesity group are significantly higher than the Control group. In order to verify our observations, let's look at the graph of the values of the cross-sectional area of adipocytes:

In the Obesity group, the values are significantly increased relative to the Control group. In the O+CB group, the values are reduced relative to the Obesity group, but increased relative to the Control group. In the O+CB(MSM) and O+CB(OCT) groups, the values are reduced relative to the Obesity group. The values in the O+Kv group are significantly lower compared to the Obesity group. The values in the O+Kv(MSM) and O+Kv(OCT) groups are reduced compared to the Obesity group, but increased compared to the Control group.

Conclusions

1. Consumption of a high-calorie diet leads to a significant increase in the size of white adipocytes and initiates an immune response, evidenced by the formation of crown-like structures around dead adipocytes and infiltration by immune cells such as macrophages, mast cells, and neutrophils.

2. Administration of an aqueous extract of common bean (*Phaseolus vulgaris*) contributes to a reduction in the size of white adipocytes and a decrease in the number of crown-like structures. Although adipocyte size remains elevated relative to healthy controls, it is significantly reduced compared to the Obesity group. Some dead adipocytes still persist.

3. The unfractionated aqueous extract of common bean is more effective in treating obesity than the fractionated extracts.

¹**Сачко А.,** ²**Калмикова О.,** ³**Добреля Н.**

e-mail: soovaf2@gmail.com

¹Український фізико-математичний ліцей

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

²ННЦ "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

³ДУ "Інститут фармакології та токсикології НАМН України"

МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ПЕРИВАСКУЛЯРНОЇ ЖИРОВОЇ ТКАНИНИ У ЩУРІВ З ІНДУКОВАНИМ ДІАБЕТОМ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГАММА-АМІНОМАСЛЯНОЇ КИСЛОТИ

Sachko A., Kalmykova O., Dobrelya N. The Morpho-Functional State of Perivascular Adipose Tissue in Rats with Induced Diabetes Under the Influence of Gamma-Aminobutyric Acid

The study investigates influence of Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) on perivascular tissue in rats with induced type 1 diabetes. GABA treatment reduced inflammation compared to untreated rats, while adipocyte area remained unaffected.

Цукровий діабет 1 типу (ЦД1) – важке захворювання, яке характеризується абсолютним дефіцитом інсуліну через аутоімунне руйнування β -клітин підшлункової залози. Ця хвороба небезпечна своїми тяжкими ускладненнями, серед яких перше місце посідають серцево-судинні захворювання.

Отже, пошук нових препаратів, які б змогли запобігти виникненню ускладнень або, щонайменше, уповільнити процес їхнього розвитку, є наразі дуже актуальним, особливо з огляду на важкість контролю цієї хвороби у дітей та підлітків, що в результаті є причиною ранньої інвалідизації та скорочення тривалості життя [2, 6].

Периваскулярна жирова тканина (ПВЖТ) відіграє важливу роль у регуляції судинного тонуусу та обміну речовин, які зазнають значних змін при цукровому діабеті. Вивчення її морфо-функціональних змін під впливом гамма-аміномасляної кислоти може сприяти пошуку нових підходів до профілактики та лікування судинних ускладнень, зумовлених цим захворюванням [1, 3–5, 7].

Метою роботи було оцінити морфо-функціональний стан периваскулярної жирової тканини щурів з модельованим цукровим діабетом 1 типу після застосування гамма-аміномасляної кислоти.

Завдання проєкту полягало в тому, щоб дослідити зміни в морфології адипоцитів та інших клітин у ПВЖТ щурів та проаналізувати їхні морфометричні параметри (площу поперечного перерізу адипоцитів, кількість корона-подібних структур та інфільтрацію лейкоцитами).

Експеримент проводили на білих нелінійних щурах-самцях масою 200 ± 10 г. Усі експерименти виконували відповідно до міжнародних рекомендацій щодо проведення медико-біологічних досліджень на тваринах. У дослідженні використовувалися три групи піддослідних щурів.

1. Контрольна група – інтактні тварини без індукованої патології.

2. Група Діабет – тварини з експериментально індукованим цукровим діабетом шляхом внутрішньочеревного введення стрептозотоцину в дозі $65 \text{ мг} \times \text{кг}^{-1}$ маси тіла, розчиненого в 0,5 мл 0,01 М цитратного буфера з рН 4,5.

3. Діабет + ГАМК – тварини з індукованим діабетом, які отримували гамма-аміномасляну кислоту (ГАМК) у терапевтичній дозі 140 мг/кг з питною водою.

Для оцінювання морфо-функціонального стану периваскулярної жирової тканини застосовували гістологічні методи (забарвлення тканин і мікроскопічний аналіз структурних змін), методи аналітичної цитології (оцінювання клітинного складу та морфометричний аналіз), а також статистичні методи (для обробки отриманих результатів та оцінювання достовірності змін між групами) (рис. 1).

У групі Діабет та Діабет + ГАМК – розмір адипоцитів значно менший, до того ж з'явилися ознаки запального процесу: мертві адипоцити, оточені імунними клітинами, тучні клітини та гранулоцити.

У контрольній групі площа поперечного перерізу адипоцитів в 2,38 рази ($p \leq 0,05$) більша, ніж у групі "діабет" та "діабет + ГАМК". Між групами "діабет" та "діабет + ГАМК" достовірних відмінностей не зафіксовано ($p > 0,05$) (рис. 2).

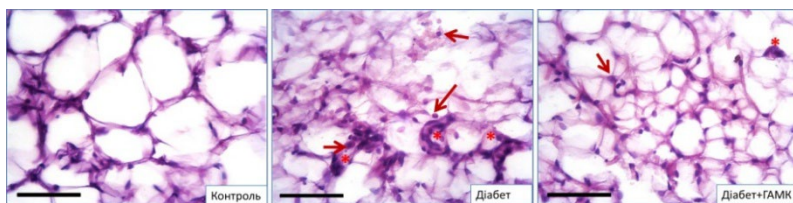


Рис. 1. Зрізи білої вісцеральної жирової тканини (ПВЖТ) у різних групах щурів. Зірочкою позначено структури, подібні до "корони" – мертві адипоцити, оточені імунними клітинами. Червоною стрілкою вказані макрофаги, тучні клітини та гранулоцити. Забарвлення: гематоксилін-еозин. Масштабна лінійка – 50 мкм

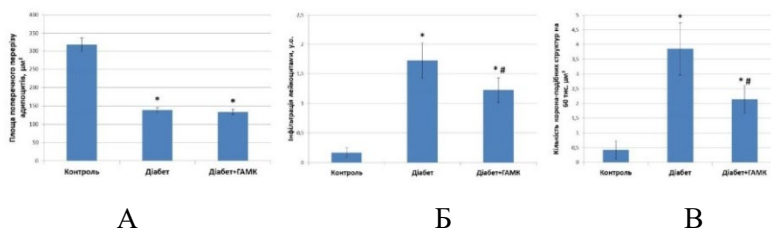


Рис. 2. Морфометричні дані щодо змін у білій вісцеральній жировій тканині (ПВЖТ) у різних експериментальних групах щурів: (А) площа поперечного перерізу адипоцитів; (Б) рівень інфільтрації лейкоцитами; (В) кількість коронаподібних структур

З діаграми Б видно, що в групі "Діабет" рівень інфільтрації лейкоцитами в 10 разів ($p \leq 0,05$) більший, ніж у групі "контроль". Водночас рівень інфільтрації лейкоцитами у групі "Діабет+ГАМК" на 29 % ($p \leq 0,05$) менший порівняно з групою "Діабет", але все одно в 7,3 раза більше за контроль. Це свідчить про наявність протизапального впливу ГАМК на ПВЖТ, хоча і помірного.

Щодо кількості коронаподібних структур, статистичний аналіз засвідчив відмінність в 9 разів ($p \leq 0,05$) між групами "Контроль" та "Діабет", що підтверджує факт загибелі адипоцитів під впливом ЦД1. У групі "діабет+ГАМК" кількість коронаподібних структур зменшилася на 45 % ($p \leq 0,05$) порівняно з групою "Діабет", хоча і залишилася в 5 разів ($p \leq 0,05$) більшою за їх

кількість у групі "Контроль". Це також свідчить про наявність протизапального впливу ГАМК на ПВЖТ.

Отже, площа поперечного перерізу адипоцитів після застосування гамма-аміномасляної кислоти у щурів з ЦД1 типу не змінилась, але інфільтрація лейкоцитами та кількість корона-подібних структур периваскулярної жирової тканини після застосування ГАМК у щурів з ЦД1 типу зменшилась.

ГАМК зменшує інфільтрацію лейкоцитами периваскулярної жирової тканини, а отже, знижує ризики, які несуть для серцево-судинної системи запальні процеси.

Список використаних джерел

1. Evaluation of the relationship between cardiovascular risk factors and periaortic fat thickness in children with type 1 diabetes mellitus / N. Akyürek et al. *Diabetes & Metabolism*. 2015. Vol. 41, N 4. P. 338–341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2015.02.005>
2. Atkinson M. A., Eisenbarth G. S., Michels A. W. Type 1 diabetes. *The Lancet*. 2014. Vol. 383, № 9911. P. 69–82.
3. Gregoire F. M., Smas C. M., Sul H. S. Understanding adipocyte differentiation. *Physiological Reviews*. 1998. Vol. 78, № 3. P. 783–809.
4. Guzik T., Korb R., Adamek-Guzik T. Perivascular adipose tissue as a messenger. *J. Physiol. Pharmacol.* 2007. Vol. 58. P. 591–610.
5. Perivascular adipose tissue alleviates inflammatory factors and stenosis in diabetic blood vessels / T. Li et al. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2016. Vol. 480, N 2. P. 147–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.09.106>
6. Mick G. J., McCormick K. L. The role of GABA in type 1 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*. 2024. Vol. 15. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1453396>
7. Protective Effects of GAMMA.-Aminobutyric Acid in Rats with Streptozotocin-Induced Diabetes / T. NAKAGAWA et al. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2005. Vol. 51, N 4. P. 278–282. DOI: <https://doi.org/10.3177/jnsv.51.278>

Щепотко С., Лагутенко О.

e-mail: schepotkos@gmail.com

Гімназія "Троєщина" II-III ступенів

Деснянського району м. Києва

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ДВОРОВОГО КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕЛЕНИХ ВІДХОДІВ

Shchepotko S., Lagutenko O. Features of the application of bioproducts for yard composting of food and green waste

This type of waste, when properly managed, can benefit the environment by contributing to resource conservation, reducing the volume of solid household waste, and reducing greenhouse gas emissions (reducing the formation of methane under anaerobic conditions in landfills).. Manufacturers and retail chains offer a wide range of biological products to accelerate and facilitate the composting process. Compost" and "ProBio Bokashi" in conditions of low temperatures at the initial stage of compost formation has been confirmed. Key words: waste sorting and recycling, organic waste, composting, composter, compost, biological products, composting temperature regime, waste management culture.

Частка органічних відходів у загальному обсязі міських відходів значно варіюється (приблизно від 20 до 50 %) залежно від країни, культури споживання та рівня розвитку системи управління відходами. Найбільш поширеними та екологічно безпечними методами знешкодження органічних відходів є роздільний збір з наступним компостуванням [1].

Одним із недоліків компостування органічних відходів є значний проміжок часу, який необхідний для отримання компосту (4–18 місяців). Для прискорення процесу компостування рекомендовано використовувати різноманітні біопрепарати, які містять мікроорганізми, здатні розкласти органічні речовини [2, 3].

Метою роботи є дослідження впливу температури повітря на процес компостування, оскільки не всі біопрепарати ефективні в холодну пору року. Крім того, дослідження дозволить популяризувати досвід гімназії "Троєщина" у переробці органічних відходів способом дворового компостування.

Дослід з компостування харчових і зелених відходів здійснювали в період листопад-грудень 2024 року. До екологічної ініціативи були залучені керівництво гімназії, працівники їдальні, вчителі та здобувачі освіти. Пластиковий компостер садовий Composter IKL220C виробництва Польщі (Prosperplast) об'ємом 220 л встановили у внутрішньому дворі гімназії "Троєщина". Для компостування використовували органічні відходи рослинного походження: опале листя дерев, скошена трава, харчові відходи. Відходи укладали в компостер шарами, чергуючи "коричневі" відходи (опале листя) і "зелені" відходи (траву, харчові відходи). Для підтримання необхідного рівня вологості на 220 л об'єму заповненого компостера доливали до 5 л води за потреби. Компостну масу періодично перемішували (кожні 2 тижні), щоб забезпечити доступ кисню і рівномірне прогрівання [2, 4].

Для прискорення процесу компостування використано біопрепарати "Еколайн Компост" та "ProBio Бокаші". "Еколайн Компост" (виробник ТОВ "Еколайн", Україна) містить бактерії з високою працездатністю та життєстійкістю, пригнічує ріст хвороботворних бактерій, нешкідливий для людини, тварин, навколишнього середовища. "ProBio Бокаші" (виробник компанія "Пробіотики Україна", Україна) містить комплекс "ефективних мікроорганізмів" (ЕМ), що забезпечує низькотемпературний процес ферментації (ЕМ починають діяти вже за температури від +2 °C).

На початковій стадії (аеробне розкладання) температура компосту може підніматися до 50–60 °C унаслідок інтенсивної діяльності термофільних бактерій, які активно розкладають білки, вуглеводи і ліпіди. Під час основної стадії температура різко підвищується і може досягати 70 °C і вище. Температуру в середині компостної маси вимірювали в трьох точках (у нижній, середній та верхній частинах) щоденно о 10.00 год впродовж місяця листопада (табл. 1) і грудня (табл. 2) 2024 року. Одночасно нами велися спостереження за середньодобовою температурою повітря, оскільки температура ззовні компостера також впливає на температурний режим компостної маси.

Температура повітря в період дослідження була підвищеною і значно відрізнялася від середніх багаторічних температур (перевищення норми на 1,2 °C у листопаді, на 3,1 °C – у грудні).

Однак в окремі періоди спостерігали зниження температурних показників: до мінус 3,4 °С в останній декаді листопада та мінус 6,6 °С – у середині грудня. Незважаючи на істотні коливання температури повітря в листопаді, спостерігається перевищення температури компосту порівняно з температурою повітря на 6,5 °С. У грудні відзначається більш сталий температурний режим і вищу температуру компостної маси на 4,4 °С порівняно з температурою повітря.

Графічне зображення результатів моніторингу температури демонструють, що, незважаючи на іноді різкі перепади температурних показників атмосферного повітря, температура компостної маси коливалася в незначних межах упродовж листопада, залишаючись більш-менш стабільною впродовж грудня. Це створювало гарні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які входили до складу біопрепаратів "Еколайн Компост" та "ProBio Бокаші" (рис. 1).

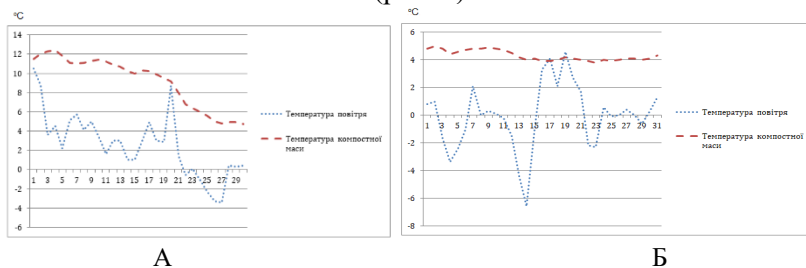


Рис. 1. Графік залежності температури компостної маси від температури повітря: А – "Еколайн Компост", листопад 2024 р.; Б – "ProBio Бокаші", грудень 2024 р.

Таким чином, здійснено апробацію методу компостування органічних відходів (харчових і зелених) із застосуванням біопрепаратів "Еколайн Компост" та "ProBio Бокаші". Доведено вплив температури повітря на температурні умови та перебіг процесу компостування. Впродовж листопада-грудня 2024 року середньодобова температура повітря максимально знижувалася до мінус 6,6 °С. Температура компостної маси впродовж листопада була вищою на 6,5 °С, грудня – на 4,4 °С порівняно з температурою повітря. Про ефективність біопрепаратів "Еколайн

Компост" та "ПроВіо Бокаші" в умовах низьких температур на початковому етапі формування компосту та нормальний перебіг процесу ферментації органічних відходів свідчить той факт, що температура компостної маси не опускалася нижче 3,8 °С.

Список використаних джерел

1. Бузіна І. М., Рябченко В. С. Переробка органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* (20 листопада 2020 р.). С. 29-30. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/39230/1/29-30%20%D0%91%D1%83%D0%B7%D1%96%D0%BD%D0%B0.pdf>

2. Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 13.06.2023р. № 489 "Про затвердження Правил компостування біовідходів їх утворювачами на присадибних, дачних і садових ділянках". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1271-23#Text>

3. Поводження з відходами: курс лекцій. / Укладач: О. В. Рибалова. Харків : НУЦЗУ, 2016. 530 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5280/1/%D0%9F%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%94%D0%96%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%97%20%D0%92%D0%86%D0%94%D0%A5%D0%9E%D0%94%D0%90%D0%9C%D0%98.pdf>

4. Сільськогосподарська біотехнологія. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт. / Укладач: О.І. Каратєєва. Миколаїв : Миколаїв. нац. аграрний ун-т, 2023. С. 61-62. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/15639/1/karatyeyeva-s-g-biotech-lab-162-bak-2023.pdf>

ЗМІСТ

БІОМЕДИЦИНА, ФУНДАМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА ТА ЛАБОРАТОРНА ДІАГНОСТИКА BIOMEDICINE, BASIC MEDICINE AND LABORATORY DIAGNOSTICS

Арнаут К., Подпалова О.

Гормональний модулятор: як тестостерон
впливає на мозок та агресивну поведінку 4

Бевза Є., Гнилоскуренко Г.

Кальпротектин та його значення для діагностики запальних
захворювань кишечника 8

Золотаревська В.

Акне: види, причини виникнення та методи лікування..... 11

Зубко А., Подпалова О.

Тератогенний потенціал ізотретиноїну: системний аналіз
ембріотоксичних ризиків та репродуктивних наслідків 16

Карплюк А.

Меланома шкіри: діагностика, лікування, профілактика..... 20

Кімак К.

Критерії прийнятності біологічного матеріалу
для проведення лабораторних досліджень 25

Ковальська В., Решетнік Є., Кізім А.

Вроджений синдром подовження інтервалу qt
як клінічний маркер аритмій та раптової смерті у дітей..... 27

Колотуша В., Хоперія В.

підхід до оцінювання P16 та Ki-67
у Стадіюванні неоплазій шийки матки..... 31

Костенко К., Гнилоскуренко Г.

Дисфоричний рефлекс викиду молока. Клінічний випадок 34

Кузнецова М., Кузнецова І., Кузнецов К.

Особливості поширення лайм-бореліозу
серед населення України під час війни..... 37

Lytvynenko A., Blashkiv O., Sribna V.

Intestinal epithelial barrier and premature ovarian failure 40

Мельник С., Кізім А.

Клінічний випадок негоспітальної двобічної полісегментарної
пневмонії з тяжким перебігом, ускладненої двостороннім
ексудативним плевритом та емпіємою 44

Moroz A., Brodyak I., Kucharska A., Sybirna N.	
Modulation of nitrate stress in erythrocytes of rats with diabetes mellitus by fruit extracts from the different cultivars of cornelian cherry	48
Олефіренко С., Ковальчук О.	
Механізми очищення головного мозку та їх зв'язок з нейродегенерацією	51
Приймак В., Решетнік Є.	
Варикозне захворювання вен нижніх кінцівок: особливості перебігу, лікування та можливі наслідки хвороби	55
Проценко В., Козинець Є., Кізім А.	
Клінічний випадок гострої позагоспітальної полісегментарної пневмонії, ускладненої ексудативним плевритом у дитини до року після перенесеного грипу А	57
Сергєєв Є., Подпалова О.	
Аналіз клінічного випадку офтальморозацеа: від етіології до лікування.....	61
Шакула К., Швець Ю.	
Оцінювання якості сну серед студентів та його вплив на самопочуття	65
Шумак Є., Швець Ю.	
Особливості харчової поведінки молоді в умовах війни в Україні	68

БІОХІМІЯ, МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ BIOCHEMISTRY, MOLECULAR BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING

Berketa K., Schuba S., Illing R., Dzyadevych S., Soldatkin O., Makarov D., Baraban L.	
New technology of simultaneous antibiotic screening using millifluidic droplet system	73
Бужак А., Беркета К., Ваховський Є., Дзядевич С., Солдаткін О.	
Розробка амперометричного біосенсора на основі іммобілізованої лактатоксидази з додатковою напівпроникною полі-мета-фенілендіаміновою мембраною для вимірювання L-лактату	74
Ваховський Є., Мруга Д., Дзядевич С., Солдаткін О.	
Розробка амперометричного біосенсора на основі піруватоксидази для визначення пірувату	77

Вітюк А., Бородін С., Цибенко Л., Драницина А., Юет А., Дворщенко К.	
Окиснення білків у синовіальній рідині рековалесцентних пацієнтів з остеоартритом після COVID-19.....	81
Книр І., Архипова В., Солдаткін О., Дзядевич С.	
Оптимізація характеристик потенціометричного біосенсора на основі креатиніндеїмінази для визначення креатиніну в зразках сироватки крові	85
Koshchavko K.	
"Hairy" root culture of scutellaria altissima for high-level flavonoid production	89
Литвин С., Титоренко І., Ковалевська Л.	
Виявлення транскрипційних факторів PU.1, Spi-B та EBF1 у злоякісно трансформованих В-лімфоцитах при хронічному лімфолейкозі	92
Маліцька Ю., Скиданович О., Тукало М.	
Отримання та аналіз активності T7 РНК-полімерази <i>in vitro</i>	94
Mironova D., Demyanenko A.	
Consumption of taste and aromatic additives in medicines	98
Панасюк Ю., Бахмат В., Солдаткін О., Пешкова В.	
Удосконалення проточної мультибіосенсорної системи для визначення концентрації важких металів у воді	100
Сенча-Глевацька К., Ступак І., Горбач О., Гарманчук Л., Остапченко Л.	
Вплив оксиду графену на стимуляцію поляризації клітин мікроглії за M2-фенотипом	102
Shchypanskyi S., Savchuk O.	
Peptides derived from kidney bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>) husk enhance brain serotonin levels in serum of obese rats	104

БІОФІЗИКА, БІОІНФОРМАТИКА ТА ГЕНЕТИКА BIOPHYSICS, BIOINFORMATICS, GENETICS

Ангелов М., Ноздренко Д., Прилуцький Ю.	
Вплив C ₆₀ фулеренів на кінетику гладкого тетанічного скорочення <i>muscle gastrocnemius</i> щурів після нейрогенної атрофії.....	109
Aniukhin A., Zholos O.	
Automated markov model structure inference for TRPC4 channels using simulated annealing	111
Biriukov T., Ivanyuta O.	
Temperature-dependent molecular docking and structural ordering in cryoelectronic polymer systems	113

Васильченко Л., Говорова К., Коваленко П., Проценко О.	
Частота видимих мутацій в окремих природних популяціях <i>Drosophila melanogaster</i> України	116
Zahorska Y., Poliakevich M., Manzhura O., Chopei M.	
Effect of aqueous and alcohol extracts of astragalus dasyanthus on the level of DNA breaks in human lymphocytes.....	118
Кальницька А., Кашеварова О., Морозова Н.	
Вплив ендометріозу у жінок на результативність циклів ЕКЗ	121
Кузнєцова Є., Ємець А.	
<i>In silico</i> моделювання взаємодії фулерену C ₆₀ з тубуліном <i>Arabidopsis thaliana</i>	125
Максимов І., Кашеварова О., Морозова Н.	
Аналіз частоти анеуплоїдій та запліднюючої здатності гамет чоловіків з хромосомними поліморфізмами після PGT.....	128
Марійко В., Мартиненко С., Афанасьєва К.	
Нетипові варіанти алелів у криміналістично значимому STR-локусі D12S391 в українській популяції.....	133
Остапчук І.	
Хромосомний мозаїцизм ембріонів та його вплив на розвиток плодів	137
Палієнко А., Морозова Н.	
Оцінювання генетичного різноманіття населення України за 21 аутосомними мікросателітними локусами	140
Палієнко А., Демидов С., Морозова Н.	
Екологічне оцінювання води та доних відкладів водоєм за допомогою цитогенетичного методу.....	142
Півень А., Ясінський Я., Чопей М.	
Патерни метилювання днк у лімфоцитах та лімфобластах 24-годинного культивування	146
Польський І.	
Будова типових методів визначення індивідуальної альфа-частоти	148
Prokopiv M., Litvinov S.	
Effect of chronic low-dose ionising irradiation on the content of amyloidised proteins in soybean proteome.....	151
Різун О., Хадиров А.	
Фізіологічні дослідження рухливості кишківника під дією picro145.....	154
Савуляк О.	
Вплив анестетика лідокаїну на карбахол-викликані скорочення кільцевих гладеньких м'язів тонкого кишківника миші.....	156

Саламін К., Саламін Р.

Біоінформатичне дослідження несинонімічних заміни у гені *IL2RG* людини в контексті імунотерапії раку 159

Stratiichuk R., Zholos O.

Admet prediction using molecular embeddings based on Mol2Vec: a comparative study within the TDC..... 161

Чудовська М., Ільчишин Ф.

Підбір поліморфних маркерів для визначення генетичної спорідненості представників *Panthera tigris* 165

**ВІРУСОЛОГІЯ, МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ІМУНОЛОГІЯ
VIROLOGY, MICROBIOLOGY AND IMMUNOLOGY**

Бурба П., Снігур Г., Будзанівська І.

Ідентифікація cucumber mosaic virus на нетипових рослинах-хазяях в Україні 169

Власова Т., Снігур Г., Пожилов І., Шевченко Т.

Філогенетичний аналіз українського ізоляту barley yellow dwarf virus-PAV, виділеного з кукурудзи..... 173

Гловацька В., Шевченко Т., Будзанівська І.

Молекулярна діагностика вірусу плямистогов'янення томатів у рослин родини *Solanaceae* 176

**Двухрядкіна А., Семчук І., Довгий Р., Рудик М., Островська К.,
Ляшенко К., Харіна А., Бондаренко О., Корнієнко Н.**

Вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм альвеолярних макрофагів мишей лінії BALB/c: пілотне дослідження 178

Карпенко О., Шевченко Т., Пожилов І.

Первинна характеристика літичних ціанофагів виділених з прісних водойм Києва 182

Kozak T., Lykhova O.

Bifidobacterium animalis and metformin as modifiers of glucose metabolism by breast cancer cells *in vitro* 185

Марчук Є., Бондаренко О., Харіна А.

Стабільність бактеріофагів при формуванні та зберіганні супозиторіїв..... 188

**Островська К., Семчук І., Бондаренко О.,
Корнієнко Н., Двухрядкіна А., Харіна А.**

Вплив препарату "Піофаг" на оксидативний метаболізм моноцитів крові людини *in vitro*: пілотне дослідження 191

Письменна Ю.

- Антифунгальна дія гуанідиновмісних олігомерів
на представників різних родів мікроскопічних грибів 195

**ЗООЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ZOOLOGY, ECOLOGY
AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

Андрущик В., Романюк Г.

- Краніологічні особливості різних видів родини псові (Canidae)
у зв'язку зі специфікою живлення..... 198

Багній П., Ляшенко В.

- Біотестування токсичності ґрунту, забрудненого
внаслідок воєнних дій..... 201

Буржієвська О., Проценко Ю.

- Використання штучних гнізд для дослідження угруповань комах
заплавного лісу 204

Ворончук С., Лісовська В.

- Порівняння біфентрину з іншими подібними пестицидами 206

Довгалиук Є.

- Природна та культурна спадщина Яготинської громади 211

Калайда А.

- Морфометричний аналіз діагностичних ознак їздців роду
Trichogramma (Hymenoptera, Trichogrammatidae)..... 214

Колесник М., Сінгаєвський Є.

- Знахідки адвентивного виду павуків *Agelenopsis potteri*
(Blackwall, 1846) Києві та Київській області 216

Колонтай О., Карлащук С.

- FDMT: моделювання радіоактивного забруднення
харчових ланцюгів 219

Коноваленко М., Старшинова М., Колісник В.,

Веденічова Н., Гарманчук Л.

- Гамаглютаціонтранспептидазна активність у гепатоцитах
під дією цитокінінів грибного походження..... 223

Литвин Б., Таран Н.

- Фіторевіталізація в парадигмі відновлення
порушених війною екоценозів 226

Молчанова А.

- Специфіка виготовлення опудал ссавців із сезонними
адаптаціями до умов середовища 230

Науменко М., Новак К.

Варіативність та діагностична вага маркувань хутра європейського лісового kota (*Felis silvestris*) у контексті антропогенної гібридизації з домашнім котом (*Felis catus*) та аналізу морфогенних алелів 233

Нікітіна Є., Врублевська Ю.

Сучасний стан річкової іхтіофауни у межах Національного природного парку "Пирятинський" 236

Овчаренко А., Улюра Є., Кірюшин В.

Порівняння морфологічних показників рукокрилих виду вечірниця дозірна (*Nyctalus noctula*), що зимували в природних умовах та в реабілітаційному центрі київського зоологічного парку загальнодержавного значення 240

Охріменко Л.

Пріоритетні напрями у справах з оцінювання впливу на довкілля в Україні в 2023 році 242

Семілетов С.

Цисплатин як ксенобіотик та його кругообіг у довкіллі, моральна дилема межі між користю та шкодою 245

Сокрута В., Ляшенко В.

Оцінювання якості води р. Південний Буг у межах Вінницької області за еколого-санітарними критеріями..... 248

Терех Д., Розанов О.

Проектований ландшафтний регіональний парк "Щирецьке водосховище" 251

Терещенко О.

Агроекологічне оцінювання впливу кліматичних змін на врожайність винограду у північних областях України 253

Український К., Казанник В.

Екологічний аналіз орнітофауни парків міста Бровари 257

Шевчук В., Шорохов О., Некрасова О., Марушак О.

Польова верифікація результатів ГІС-моделювання прогнозованої північної межі поширення ящірки зеленої (*Lacerta viridis*) 263

¹Шемчук К., ²Кюся Є.

Перші дані про наземних тихоходів (Tardigrada) НПІ "Голосіївський" (м. Київ) 267

Шинкаренко К., Піскова А.

Стан і біорізноманіття лісових насаджень в умовах різного антропогенного навантаження 270

Щербаха А.

Шляхи збереження старовікових дубів Національного природного парку "Голосіївський" 274

Юла А.

Вплив агрометеорологічних умов осінньо-зимового періоду
на перезимівлю пшениці озимої 277

Ялова А.

Екологічний стан і перспективи ревіталізації річки Остер
Чернігівської області 281

**ПРИКЛАДНА, ФУНДАМЕНТАЛЬНА БІОЛОГІЯ РОСЛИН
ТА ДИЗАЙН УРБАНІЗОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ
APPLIED AND BASIC PLANT BIOLOGY,
DESIGN OF URBAN LANDSCAPES**

Бухтіярова М., Войцехівська О.

Озеленення автомобільних доріг та придоріжних зон:
сучасні тенденції та інноваційні підходи 286

Карпенко К., Белава В.

Сучасні підходи до створення "Green roof":
світовий досвід та особливості реалізації 290

Корнійчук М., Тищенко О.

Стійкі декоративно-квітучі травостани
в умовах урбанізації: відтворення напівприродних луків 295

Кравцова П.

Екопросвіта в ботанічних садах 298

Красніков Д., Тищенко О.

Вплив біофільного дизайну в урбанізованому середовищі
на психологічний та фізичний стан людини 302

Кржипенська А., Панюта О.

Підбір рослин для біофільного дизайну:
екологічні та естетичні аспекти 306

Лисучевська М., Косик О.

Роль меморіальних парків у формуванні
сучасного урбаністичного простору 309

Lytvyn K., Smirnov O.

Al-based nanoscales as hormetic response effectors in *Fagopyrum
esculentum* seedlings 313

Литвинчук Д., Тищенко О.

Безбар'єрний ландшафтний дизайн: формування інклюзивного
середовища в урбанізованих просторах 315

Парубець К., Ольхович О.

Використання дронів у садово-парковому господарстві
та ландшафтному дизайні 319

Пряха Ю., Войцехівська О.	
Використання методів гідропоніки як інноваційна технологія озеленення урбанізованого середовища.....	322
Рожко Є., Косик О.	
Дизайн арт-терапевтичного саду в контексті сучасного урбанізму	325
Руденко О., Тищенко О.	
Повільні міста та повільна архітектура: сталий розвиток міського середовища	329
Стеблівський М., Смірнов О.	
Морфологічні параметри листка та вміст фотосинтетичних пігментів у проростках <i>Secale cereale L.</i> сорту "Харлей f1" за дії сольового стресу.....	332
Цепур Є., Косик О.	
Міські сади як інструмент терапії та реабілітації в урбанізованому середовищі	336
Шуляк В., Баданіна В.	
Сучасне озеленення прибудинкових територій (на прикладі ЖК "Seven" м. Києва)	338
Яковенко І., Ольхович О.	
Застосування поліплоїдії та мутагенезу у селекції винограду	342

ЦИТОЛОГІЯ, ГІСТОЛОГІЯ, ЕМБРІОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ CYTOLOGY, HISTOLOGY, EMBRYOLOGY AND HUMAN PHYSIOLOGY

Артьомкіна А., Щербак О., Ковтун С.	
Оцінювання життєздатності та виживаності розморожених сперматозоїдів баранів різних порід.....	347
Архипова А.	
Вплив короткочасного застосування антагоніста клітинних рецепторів андрогенів флутаміду на показники спермограми дорослих шурів.....	350
Богатирьова М., Кравченко В.	
Імпульсивності та прийняття рішень: результати комплексного психофізіологічного тестування	353
Бойко М., Калмикова О., Кротевиц М., Дзюба І.	
Роль WT-1 та p53 у діагностиці підтипу раку тіла матки	358
Голдер К., Подпалова О.	
Вплив статевих гормонів на коливання агресії	361

Горський Р., Куценко Т.	
Психофізіологічні особливості сприйняття інтерфейсів користувачами азійської і європейської культур	365
Григоренко Д., Калмикова О., Жолобак Н.	
Аналіз цитохімічних змін клітин L929, інфікованих вірусом везикулярного стоматиту	368
Дорошенко А., Островська Г.	
Вплив фрагментації днк сперматозоїдів на результати допоміжних репродуктивних технологій.....	371
Дубина С., Макулович М., Пазюк Л.	
Зв'язок фертильності з патологіями та рухливістю сперматозоїдів і віком особи при астенозооспермії.....	374
Жулінська М., Решетнік Є.	
Вплив цифрових технологій на когнітивні функції підлітків	377
Кармалика К., Демянчук Н.	
Оцінювання кількості овоцитів та якості ембріонів у жінок різних вікових груп	381
Кеда А., Калмикова О., Добреля Н., Іванова І.	
Морфо-функціональний стан судин шурів за умов індукованого цукрового діабету 1-го типу та дії пропופолу.....	384
Кудін Л., Карацуба Т., Луговський С., Бондаренко Л., Мунько А., Коваленко В., Вороніна А., Шаяхметова Г.	
Зміни сусудентоцитів та ендокриноцитів у сім'яниках шурів за моделювання ПТСР у перипубертатному віці та введення флуоксетину	388
Куріленко М., Макарчук М., Коваленко О.	
Нейропсихологічні маркери уражень та відновлення функцій головного мозку у комбатантів	392
Лихачова О., Демянчук Н.	
Вплив фрагментації днк сперматозоїдів на якість спермограми та бластуляцію	395
Машталерчук К., Коваленко О., Макарчук М.	
Використання стовбурових клітин пуповинної крові у лікуванні нейродегенеративних захворювань	397
Мосницький С., Ковалевська Л., Малишева Т., Кашуба О.	
Диференційна експресія KLF-4, KLF-6 та їх асоціація з MRPS18-2 у зразках медулобластом	400
Меленевська Н., Федоренко С., Букресва Т., Островська Г., Гарманчук Л.	
Вплив секретому мезенхімальних стовбурових клітин плаценти людини на оксигензалежну біоцидність макрофагів	403

Nesterenko Yu., Saienko A., Steniakina N., Rybachuk O.	
Structural post-traumatic changes in the area of spinal cord injury in male and female mice	407
Перекрыстова К., Лушнікова І., Лазаренко Л., Скибо Г.	
Нейропротекторний вплив лактобактерій на морфологію клітин гіпокампа і поведінкові реакції у старих мишей	410
Підлісний Г., Тукаленко Є., Лященко Т.	
Вплив іонізуючого опромінення на репродуктивну систему дрібних савців на прикладі виду руда нориця (<i>Myodes glareolus</i>).....	413
Правдива А., Бондзик О.	
Порівняльний аналіз кількісних та якісних характеристик еякуляту у чоловіків із порушенням фертильності	415
Решетняк Є, Черних М.	
Вплив відвідування акторських тренажів на психоемоційний стан жінок з родин військових	417
Свобода М., Калмикова О.,	
Хмельницька Ю., Пихтєєв Д., Гуменюк М.	
Дослідження біохімічного профілю середовища мезенхімальних клітин пуповини, культивованих у порожнистому біореакторі	421
Терещенко А., Шапочка Д., Дороніна М., Вороніна О.	
Аналіз експресії RAD51 як потенційного біомаркера функціонального статусу системи гомологічної репарації ДНК у пацієнток із серозною карциномою яєчників	425
Тропиніна О., Ганусевич І.	
Активність желатиназ тромбоцитів у перебігу раку молочної залози за надмірної ваги: залежність від менопаузального статусу	428
Хренова К., Косач В., Вороніна О., Бориско П.	
Дослідження протипухлинної активності нових аналогів піперину щодо клітин потрійно-негативного раку молочної залози <i>in vitro</i>	432
Хрещенюк В., Ковалевська Л., Кашуба О.	
Стабільність мРНК та кінетика її розпаду для генів родини MRPS18 (MRPS18-1-3) у клітинах раку молочної залози	434
Яловенко О., Подпалова О.	
Аналіз ЕКГ при синдромі Вольфа–Паркінсона–Уайта: відображення передчасного збудження шлуночків порівняно з нормальною провідністю	437

ЗАГАЛЬНА БІОЛОГІЯ ДЛЯ ШКОЛЯРІВ GENERAL BIOLOGY FOR SCHOOLCHILDREN

Бігун С., Філіпець Є.

Оцінювання хронічного стресу у щурів, що використовуються як тварини-асистенти в програмах психоемоційної підтримки 442

Bilous M., Holovan V., Andriychuk O.

Influence of some physical factors on phage resistance in a potential drug to combat phytopathogens..... 444

Івко С.

Мікроклональне розмноження рослин араукарії з метою подальшого аналізу їх фіторемедіаційного потенціалу 445

Малашенко В., Латищенко Л., Подпалова О.

Оцінювання когнітивного стану учнів 8-9 класів в умовах воєнного стану 448

Мартинюк К., Філіпець Є.

Ієрархія домінування та її прояви у павіанів анубісів (*Papio anubis*) Київського зоопарку..... 452

Protsenko M., Kalmykova O., Latyshenko L.

Evaluation of inflammatory changes in adipose tissue of obese rats threatened with different fractions of phaselous vulgaris extract..... 454

Сачко А., Калмикова О., Добреля Н.

Морфо-функціональний стан периваскулярної жирової тканини у щурів з індукованим діабетом при застосуванні гамма-аміномасляної кислоти 457

Щепотко С., Лагутенко О.

Особливості застосування біопрепаратів для дворового компостування харчових та зелених відходів 461

Наукове видання

ШЕВЧЕНКІВСЬКА ВЕСНА

ДОСЯГНЕННЯ В НАУКАХ ПРО ЖИТТЯ ADVANCEMENTS IN LIFE SCIENCES

**Електронний збірник тез
XXII Міжнародної наукової конференції
студентів та молодих вчених**

Київ, 23–25 квітня 2025 року

Оригінал-макет виготовлено ВПЦ "Київський університет"



Формат 60x84^{1/16}. Обл.-вид. арк. 22,9. Ум. друк. арк. 27,7.
Електронне видання. Зам. № 225-11368.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний. Друк офсетний. Вид. № Б10.
Підписано до друку 28.05.25

**Видавець і виготовлювач
ВПЦ "Київський університет"**

Б-р Тараса Шевченка, 14, м. Київ, 01601, Україна
☎ (38044) 239 32 22; (38044) 239 31 58; (38044) 239 31 28
e-mail: vpc@knu.ua; vpc_div.chief@univ.net.ua; redaktor@univ.net.ua
<http://vpc.knu.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1103 від 31.10.02