УДК 616-001.17:355.01-079.4:004:621.39:772.96
DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.30

Т. І. Фармага, О. В. Лукавецький, О. М. Чемерис
Кафедра хірургії № 1 (зав. – доц. В. В. Хом'як) ДНП Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВУЛЬНЕРОМЕТРІЇ ТА ТЕРМОГРАФІЇ У ЛІКУВАННІ ОПІКОВИХ РАН: ОПИС ВЛАСНОГО КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ

Резюме. Опікові травми залишаються однією з найсерйозніших проблем клінічної медицини через високий рівень ускладнень, складність лікування та потребу в точній оцінці глибини ураження. Особливої актуальності ця проблема набула в Україні в умовах військової агресії, коли опіки стали частою складовою бойової травми як у військових, так й в цивільного населення. Існуючі методи клінічної оцінки глибини опіків залишаються значною мірою суб'єктивними та обмеженими в точності. Це зумовлює потребу у впровадженні об'єктивних технологічних рішень, які забезпечують більш точну діагностику і покращують результати лікування.

Мета дослідження. Удосконалити метод тангенційного висічення опікових ран шляхом впровадження додаткових перед- чи інтраопераційних обстежень – безконтактної вульнерометрії за допомогою комп'ютерній програмі «Аналізатор рани» та оцінки глибини рани за допомогою безконтактної термографії.

Матеріал і методи. У роботі представлено клінічний випадок лікування 20-річного військовослужбовця з термічними опіками обличчя та кінцівок (20% поверхні тіла, з них 11,2% – поверхневі, 8,6% – глибокі). Для передопераційної оцінки глибини ураження застосовано портативний термограф FLIR One. Для планування площі трансплантації використано авторське програмне забезпечення «Аналізатор рани», що забезпечило точну цифрову вульнерометрію та формування параметрів шкірного клаптя. Оперативне лікування включало тангенціальне висічення некротизованих тканин з подальшою аутодерматопластикою.

Результати. Запропонований метод дозволив досягти високої точності у визначенні глибини опікових уражень та мінімізувати травматизацію здорових тканин. Термографічна діагностика допомогла уникнути надмірного або недостатнього висічення, що є критичним для естетичних та функціональних ділянок. Програма «Аналізатор рани» забезпечила оптимальне планування обсягу трансплантації. Загоєння трансплантата розпочалося на 6-й день, повна реепітелізація – на 16-й день після операції. Пацієнт перебував у стаціонарі 21 день, без ускладнень.

Висновки. Комбіноване застосування термографії та цифрової вульнерометрії дозволяє значно підвищити об'єктивність діагностики, покращити результати хірургічного лікування та скоротити час загоєння при лікуванні опікових ран. Доступність обладнання та програмного забезпечення робить цю методику придатною для впровадження в умовах обмежених ресурсів, зокрема в українських медичних закладах під час війни.

Ключові слова: опіки, термографія, вульнерометрія, тангенціальне висічення, шкірна трансплантація, «Аналізатор рани», FLIR One, бойова травма.

Згідно зі статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку близько 11 мільйонів людей у всьому світі страждають від опіків, і 180 тисяч із них помирають [1]. Опіки є однією з найбільш серйозних та болючих травм, які часто вражають дітей, людей з інвалідністю та осіб похилого віку [2, 3]. Вони залишаються однією з найскладніших проблем сучасної клінічної медицини, лікування яких вимагає впровадження новітніх ефективних методів. Хоча досягнуто значного прогресу, лікування опіків залишається складним завданням через численні ускладнення та відносно тривале перебування хворого в стаціонарі [4].

В Україні опіки – це не лише побутова та виробнича травма, а вже впродовж останніх десяти років, в умовах військової агресії проти нашої країни, це також частина бойової травми. Військові та цивільні особи отримують опікові травми не лише внаслідок вибухів або розриву снарядів, а й під час ліквідації пожеж на місцях влучання ракет, зокрема в об'єктах критичної інфраструктури. Часто ці травми є поєднаними, але в окремих випадках трапляються суто

опікові рани, викликані, наприклад, використанням вогнепальної зброї, авіаційних бомбо- або ракетних ударів [5]. Це підкреслює необхідність удосконалення методів лікування опікових травм та запровадження нових діагностичних підходів у клінічній практиці.

Мета дослідження: удосконалити метод тангенційного висічення опікових ран шляхом впровадження додаткових перед- чи інтраопераційних обстежень – безконтактної вульнерометрії за допомогою комп'ютерній програмі «Аналізатор рани» та оцінки глибини рани за допомогою безконтактної термографії.

Матеріал і методи. Запропонований нами метод оптимізації хірургічного лікування опікових ран базується на використанні тангенціального висічення з обов'язковою перед- або інтраопераційною термографічною ідентифікацією ділянок глибокого опіку за допомогою портативного термографа FLIR One. Цей підхід також передбачає одночасну аутодерматопластику шкірним трансплантатом, розмір і форму якого визначають з використанням розробленої нами комп'ютерної програми для цифрової планіметрії «Аналізатор рани» [6].

Потреба в удосконаленні методу лікування виникла через обмеження традиційних підходів, що часто покладаються на суб'єктивну оцінку лікаря-хірурга при визначенні глибини ураження тканин. Це може призводити до помилок у виборі лікувальної тактики, оскільки глибина опіку є критично важливим чинником для прийняття рішення щодо хірургічного втручання або консервативного лікування. Термографія дозволяє об'єктивно оцінити стан тканин за допомогою температурних змін, які вказують на ступінь порушення кровообігу у глибоких опіках, що проявляється у вигляді ділянок зниженої температури.

За наявністю глибоких опікових ушкоджень запропонований нами метод тангенціального висічення дозволяє локально видаляти лише некротизовані тканини, зберігаючи здорові ділянки шкіри, що значно покращує як функціональні, так й косметичні результати лікування. У разі поверхневих уражень тканин перевагу віддають консервативному лікуванню, оскільки такі тканини мають потенціал до самовідновлення. Застосування термографії підвищує точність діагностики, дозволяючи хірургу краще планувати хірургічне втручання, а також уникнути зайвого пошкодження здорових тканин.

Після тангенціального висічення некротичних ділянок одразу виконується аутодерматопластика. Така послідовність дій значно скорочує загальний час лікування, оскільки трансплантація здійснюється негайно після видалення уражених ділянок, що сприяє швидшому загоєнню і знижує ризик інфекційних ускладнень. Для трансплантації використовуємо шкірні клапті товщиною 0,3 мм, отримані за допомогою електричного дерматому. Трансплантат фіксується за допомогою скоб або окремих вузлових швів, а поверх рани накладається марлева пов'язка або спеціальні матеріали, які сприяють оптимальному загоєнню.

Ключовою особливістю нашого підходу є використання комп'ютерної програми «Аналізатор рани», яка дозволяє точно розрахувати площу та форму клаптя здорової шкіри для трансплантації, враховуючи індивідуальні особливості кожного пацієнта [7, 8]. Це мінімізує ризик травматизації здорових тканин та сприяє кращому приживленню трансплантату, знижуючи ймовірність рубцювання та ускладнень. Для підтвердження вищенаведеного приводимо випадок з практики.

Результати дослідження та їх обговорення. Клінічний випадок. Пацієнт, 20 років, військовослужбовець Збройних сил України, отримав термічний опік під час служби. Діагностовано опіки обличчя, обох верхніх та нижніх кінцівок полум'ям і був госпіталізований в опікове відділення для дорослих Міського центру термічної травми та пластичної хірургії відокремленого підрозділу «Лікарня Святого Луки» Комунального некомерційного підприємства «Львівське територіальне медичне об'єднання «Багатопрофільна клінічна лікарня інтенсивних методів лікування та швидкої медичної допомоги» через 2 години 40 хвилин після травми. При первинному огляді лікарем-хірургом було встановлено, що опіки становлять 20,0% площі тіла, з яких приблизно 10,0% поверхневі опіки (IIA), а 10,0% – глибокі (IIБ). Наступного дня після травми було заплановане хірургічне втручання.

Під час підготовки до операції було проведено термографію портативним термографом FLIR One для детальної оцінки глибини ураження тканин. Ця технологія дозволила виявити ділянки з різними температурними аномаліями, що свідчать про порушення кровопостачання та наявність глибоких ушкоджень тканин. Термографічне обстеження дозволило чітко розділити ділянки нормальної шкіри, поверхневого та глибокого опіку, що дало можливість максимально точно визначити ділянки, які потребують хірургічного видалення (рис. 1). Отже, було підтверджено, що поверхневий опік становив 11,2% площі поверхні тіла, а глибокий – 8,6% площі поверхні тіла.

Для подальшого планування хірургічного втручання було застосовано розроблену нами комп'ютерну програму для цифрової вульнерометрії «Аналізатор рани». Ця програма забезпечила точний розрахунок необхідного розміру і форми шкірного клаптя для аутодерматопластики. Використання цього інструмента допомогло точно визначити ділянки для пересадки, що значно скоротило час операції та покращило її результати (рис. 2).

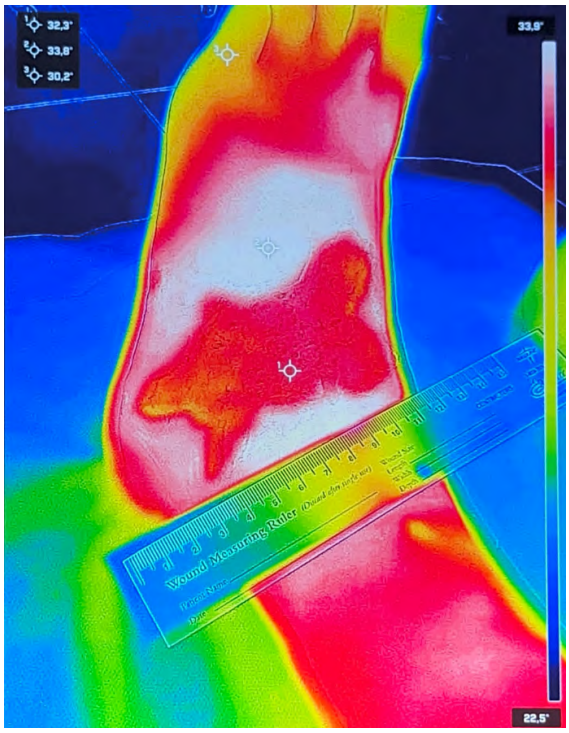

Рис. 1. Термофотографія правої стопи перед оперативним втручанням

Рис. 2. Цифрова фотографія рани правої стопи із виділеним її контуром під час опрацювання у комп'ютерній програмі «Аналізатор рани»

Під час операції було проведено тангенціальне висічення некротизованих тканин з максимальним збереженням життєздатних шарів шкіри. Використання термографії дозволило уникнути зайвого видалення здорових тканин, що є важливим для збереження функціональних і косметичних властивостей шкіри. Після видалення некротизованих ділянок було негайно проведено аутодермопластику. Для трансплантації використовувався шкірні клапті з обох стегон пацієнта.

Після операції пацієнт перебував під пильним наглядом медичного персоналу. Відновлення проходило без ускладнень, а епітелізація шкірного трансплантата почалася на 6-й день після операції. Повна реепітелізація відбулася через 16 днів. Всього пацієнт перебував у стаціонарі 21 ліжко/день.

В умовах війни в Україні, опікові травми стали поширеним видом ураження серед військових і цивільних осіб. Це пов'язано не лише з вибухами і розривами снарядів, але й з ліквідацією пожеж у результаті ракетних ударів тощо. У багатьох випадках ці травми є поєднаними з іншими ушкодженнями, але іноді виникають опікові рани, що утворюються виключно внаслідок впливу термічних факторів. Важливість таких травм у контексті військової агресії підкреслює потребу в удосконаленні методів діагностики та лікування опіків, а також впровадженні нових підходів, які допоможуть покращити якість медичної допомоги таким пацієнтам.

Клінічний випадок 20-річного військовослужбовця Збройних сил України, який отримав термічні опіки обличчя та кінцівок під час несення служби, яскраво демонструє необхідність точних і об'єктивних методів оцінки глибини ураження шкіри. У нашій практиці ми застосували комбінований підхід, що поєднує безконтактну термографію за допомогою портативного пристрою FLIR One та цифрову вульнерометрію комп'ютерною програмою «Аналізатор рани» [6-8].

Візуальна оцінка, яка досі є основою діагностики глибини опіків у більшості українських клінік, не завжди дає змогу точно розмежувати межі поверхневих і глибоких уражень. Це створює ризик як надмірного висічення тканин, що сповільнює загоєння і погіршує функціональні та естетичні результати, так і недостатнього видалення некрозу, що може призвести до інфекційних ускладнень і відторгнення трансплантата.

Застосування термографії у випадку цього пацієнта дозволило об'єктивно візуалізувати температурні відмінності між ураженими та неураженими ділянками шкіри. Цей метод базується на фізіологічних змінах: глибокі опіки мають нижчу температуру через порушення кровотоку, тоді як поверхневі – вищу через запалення та гіперемію. Завдяки цьому ми змогли з високою точністю уточнити межі глибоких і поверхневих опіків: 8,6% та 11,2% площі тіла відповідно, що відрізнялося від попередньої клінічної оцінки (10,0% та 10,0%, відповідно).

Наступним етапом стало використання цифрової вульнерометрії для розрахунку площі та форми шкірного клаптя. Програма «Аналізатор рани» автоматично проаналізувала фотографії опікових поверхонь та надала рекомендації щодо оптимального розміру трансплантата. Це дозволило хірургічній команді скоротити час оперативного втручання, зменшити інтраопераційну крововтрату та підвищити точність дерматопластики.

Під час операції було виконано тангенціальне висічення некротизованих тканин із максимальним збереженням життєздатних шарів. Саме завдяки попередній термографічній оцінці вдалося уникнути зайвого травмування здорової шкіри, що є критично важливим у ділянках з високими естетичними й функціональними вимогами – таких як обличчя та верхні кінцівки.

Результати лікування підтвердили ефективність запропонованої методики: процес епітелізації шкірного трансплантата розпочався вже на 6-й день, а повна реепітелізація відбулася на 16-й день після операції без ускладнень. Це свідчить про добру приживлюваність трансплантованих клаптів та ефективну підготовку операційного поля.

Отже, наш підхід дозволяє підвищити об'єктивність діагностики, покращити якість хірургічного лікування та скоротити час одужання пацієнтів з тяжкими опіками. До того ж, використання доступних технологій (таких як FLIR One і програмне забезпечення, яке може працювати навіть на базовому ноутбуці) робить цей метод економічно доцільним і реалістичним для широкого впровадження в українських клініках, зокрема в умовах війни та обмежених ресурсів.

Висновок. Запропонована методика значно підвищує точність діагностики та лікування опікових ран у порівнянні з традиційними методами. Використання термографії разом із цифровими технологіями дозволяє точно оцінити розмір і глибину ушкоджень, що допомагає вибрати оптимальну тактику лікування. Це знижує ризики інфекцій та ускладнень, покращуючи загальні результати лікування і сприяючи швидшому загоєнню.

Перспективи подальших досліджень. Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні та стандартизації методики використання термографії та цифрової вульнерометрії для діагностики глибини опікових ушкоджень. Проведене дослідження відкриває можливості для широкого впровадження комбінованого підходу в клінічну практику з метою підвищення точності діагностики, скорочення тривалості хірургічного втручання та покращення результатів трансплантації. У подальшому доцільно провести дослідження за участю пацієнтів з різними ступенями тяжкості опіків для оцінки відтворюваності та ефективності методики в різних умовах. Окрему увагу варто приділити розробці вдосконаленої версії програмного забезпечення з можливістю автоматичної

термографічної інтерпретації та інтеграції даних в єдину систему підтримки клінічного рішення. Також перспективним є вивчення ролі штучного інтелекту в обробці термографічних зображень і прогнозуванні результатів лікування. Необхідно оцінити економічну ефективність даного підходу, зокрема в умовах обмежених ресурсів воєнного часу, а також адаптувати методику для використання в польових шпиталях та медичних евакуаційних підрозділах.

Список використаної літератури

1. Radzikowska-Büchner E, Łopuszyńska I, Flieger W, Tobiasz M, Maciejewski R, Flieger J. An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries. Int J Mol Sci. 2023 Nov 15;24(22):16357. doi: 10.3390/ijms242216357.

2. Żwierełło W, Piorun K, Skórka-Majewicz M, Maruszewska A, Antoniewski J, Gutowska I. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. Int J Mol Sci. 2023 Feb 13;24(4):3749. doi: 10.3390/ijms24043749.

3. Nunez Lopez O, Cambiaso-Daniel J, Branski LK, Norbury WB, Herndon DN. Predicting and managing sepsis in burn patients: current perspectives. Ther Clin Risk Manag. 2017 Aug 29;13:1107-17. doi: 10.2147/TCRM.S119938.

4. Yakupu A, Zhang J, Dong W, Song F, Dong J, Lu S. The epidemiological characteristic and trends of burns globally. BMC Public Health. 2022 Aug 22;22(1):1596. doi: 10.1186/s12889-022-13887-2.

5. Скороплiт СМ. Михневич КГ, Замятін ПМ, Хорошун ЕМ, Бородай ВО, Тертишний СВ, та ін. Особливості сучасної бойової травми та організації медичної допомоги. Харківська хірургічна школа. 2022;6(117):51-63. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.6.2022.10.

6. Фармага ТІ, Лукавецький ОВ, Чемерис ОМ, Стояновський ІВ. Використання безконтактного термографа FLIR One для оцінювання глибини опікової рани. Хірургія дитячого віку. 2024;2(83):13-8. doi: 10.15574/PS.2024.83.13.

7. Фармага ТІ, Лукавецький ОВ, Чемерис ОМ. Переваги тангенціального висічення з одночасною аутодерматопластикою для лікування опікових ран. Хірургія дитячого віку. 2023;2(79):23-7. doi: 10.15574/PS.2023.79.23.

8. Фармага ТІ, Лукавецький ОВ, Чемерис ОМ. Цифрова комп'ютерна планіметрія ранових дефектів різного генезу. Шпитальна хірургія. Журнал імені Л. Я. Ковальчука. 2022;3:42-5. https://doi.org/10.11603/2414-4533.2022.3.13392.

References

1. Radzikowska-Büchner E, Łopuszyńska I, Flieger W, Tobiasz M, Maciejewski R, Flieger J. An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries. Int J Mol Sci. 2023 Nov 15;24(22):16357. doi: 10.3390/ijms242216357.

2. Żwierełło W, Piorun K, Skórka-Majewicz M, Maruszewska A, Antoniewski J, Gutowska I. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. Int J Mol Sci. 2023 Feb 13;24(4):3749. doi: 10.3390/ijms24043749.

3. Nunez Lopez O, Cambiaso-Daniel J, Branski LK, Norbury WB, Herndon DN. Predicting and managing sepsis in burn patients: current perspectives. Ther Clin Risk Manag. 2017 Aug 29;13:1107-17. doi: 10.2147/TCRM.S119938.

4. Yakupu A, Zhang J, Dong W, Song F, Dong J, Lu S. The epidemiological characteristic and trends of burns globally. BMC Public Health. 2022 Aug 22;22(1):1596. doi: 10.1186/s12889-022-13887-2.

5. Skoroplit SM. Mykhnevych K·H, Zamyatin PM, Khoroshun EM, Boroday VO, Tertyshnyy SV, ta in. Osoblyvosti suchasnoyi boyovoyi travmy ta orhanizatsiyi medychnoyi dopomohy. Kharkivs'ka khirurhichna shkola. 2022;6(117):51-63. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.6.2022.10. [in Ukrainian].

6. Farmaha TI, Lukavets'kyy OV, Chemerys OM, Stoyanovs'kyy IV. Vykorystannya bezkontaktnoho termohrafa FLIR One dlya otsinyuvannya hlybyny opikovoyi rany. Khirurhiya dytyachoho viku. 2024;2(83):13-8. doi: 10.15574/PS.2024.83.13. [in Ukrainian].

7. Farmaha TI, Lukavets'kyy OV, Chemerys OM. Perevahy tanhentsial'noho vysichennya z odnochasnoyu autodermatoplastykoyu dlya likuvannya opikovykh ran. Khirurhiya dytyachoho viku. 2023;2(79):23-7. doi: 10.15574/PS.2023.79.23. [in Ukrainian].

8. Farmaha TI, Lukavets'kyy OV, Chemerys OM. Tsyfrova komp"yuterna planimetriya ranovykh defektiv riznoho henezu. Shpytal'na khirurhiya. Zhurnal imeni L.YA. Koval'chuka. 2022;3:42-5. https://doi.org/10.11603/2414-4533.2022.3.13392. [in Ukrainian].

USE OF A CUSTOM COMPUTER PROGRAM FOR WOUND AREA MEASUREMENT AND THERMOGRAPHY IN THE TREATMENT OF BURN INJURIES: A CASE REPORT

Abstract. Burn injuries remain one of the most serious challenges in clinical medicine due to the high rate of complications, the complexity of treatment, and the need for accurate assessment of burn depth. This issue has become particularly relevant in Ukraine under conditions of military aggression, where burns have become a common component of combat-related injuries in both military personnel and civilians. Existing clinical methods for assessing burn depth remain largely subjective and limited in precision. Therefore, there is a need to introduce objective technological solutions that provide more accurate diagnostics and improve treatment outcomes.

Objective. To improve the technique of tangential excision in burn wound management through the implementation of additional pre- and intraoperative diagnostic tools-non-contact wound area measurement using the custom computer program «Wound Analyzer» and burn depth assessment using non-contact thermography.

Material and Methods. This paper presents a clinical case of a 20-year-old serviceman with thermal burns to the face and limbs (20% total body surface area, including 11.2% superficial and 8.6% deep burns). Preoperative assessment of burn depth was performed using the portable FLIR One thermographic camera. For planning the skin graft area, the custom software «Wound Analyzer» was used to perform accurate digital wound area measurement and to calculate graft dimensions. Surgical treatment included tangential excision of necrotic tissues followed by autologous skin grafting.

Results. The proposed method allowed for high precision in determining burn depth and minimized trauma to healthy tissue. Thermographic assessment helped avoid both excessive and insufficient excision, which is critical in aesthetic and functional areas. The «Wound Analyzer» software enabled optimal planning of the graft area. Graft healing began on postoperative day 6, with full re-epithelialization by day 16. The patient remained hospitalized for 21 days with no complications.

Conclusions. The combined use of thermography and digital wound area measurement significantly enhances diagnostic objectivity, improves surgical outcomes, and shortens healing time in burn wound treatment. The accessibility of the equipment and software makes this approach feasible for implementation in resource-limited settings, including Ukrainian medical facilities during wartime.

Key words: burns, thermography, wound area measurement, tangential excision, skin grafting, Wound Analyzer, FLIR One, combat injury.

Відомості про авторів:

Фармага Тарас Ігорович–аспірант кафедри хірургії №1 Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького МОЗ України, м. Львів, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7187-4974;

Лукавецький Олексій Васильович – доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургії № 1 Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького МОЗ України, м. Львів, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3998-6749;

Чемерис Орест Мирославович – доктор медичних наук, професор, ректор Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького МОЗ України, м. Львів, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8550-6980.

Information about the authors:

Farmaha Taras I. – PhD student at the Department of Surgery No. 1 of Danylo Halytsky Lviv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Lviv, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7187-4974;

Lukavetskyi Oleksii V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Surgery No. 1 of Danylo Halytsky Lviv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Lviv, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3998-6749;

Chemerys Orest M. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector of Danylo Halytsky Lviv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Lviv, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8550-6980.

Надійшла 28.05.2025 р.