

## Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination

I. Yatsenko<sup>1,2</sup> | V. Kozachok<sup>1</sup>

### Article info

Correspondence Author  
I. Yatsenko  
E-mail:  
[yatsenko-1971@ukr.net](mailto:yatsenko-1971@ukr.net)<sup>1</sup> State University of  
Biotechnology,  
Alchevsky Str., 44, Kharkiv,  
61002, Ukraine<sup>2</sup> National Scientific Center  
"Hon. Prof. M. S. Bokarius  
Forensic Science Institute",  
8-a Zolotochevska Str.,  
Kharkiv, Ukraine, 61177,  
Ukraine**Citation:** Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 148–154. doi: 10.31210/spi2025.28.04.22

The study and analysis of the parameters of wounds caused by sharp instruments, particularly the wound tract, play an important role in the diagnosis and assessment of injuries in animals. The relevance of this topic lies in the specific features of the etiopathogenesis and pathophysiology of such injuries, as well as the need to improve diagnostic methods and develop clear algorithms for conducting forensic veterinary examinations. This paper presents the application of an original radiographic probe for examining and determining the spatial orientation of the wound tract, establishes its practical effectiveness in forensic veterinary expertise, and evaluates the prospects for further use of the instrument, taking into account its properties. It is shown that the instrument has a cylindrical, hollow structure with a diameter ranging from 3 to 5 mm and a variable length. Its distal end is blunt. The probe surface is marked with 1 cm graduations. A key feature of the radiographic probe is the ability to fill its cylindrical tube with a radiopaque contrast agent (Omnipaque, Ultravist) via a dedicated connector. Examination of the wound tract is performed by carefully inserting the probe into the animal's wound channel, followed by radiography of the affected body region. The radiographic image clearly visualizes the projection of the probe, allowing accurate determination of the spatial location of the wound tract in any part of the body. It has been demonstrated that the design of the developed instrument possesses several important characteristics: the ability to precisely penetrate narrow cavities; the capability to determine and measure the depth of the wound tract due to the surface markings on the probe; and an optimal balance of rigidity and flexibility for the examination of tortuous wound tracts. The instrument enables identification of the location and depth of a foreign object within the wound tract and ensures its visualization on radiographs. In addition, it is characterized by long-term preservation of operational properties, resistance to fracture under lateral loads, reusability, ease of manufacturing new units, and compliance with ergonomic requirements. The main aspects of effectiveness are considered, including the accuracy of the data obtained, ease of use for the forensic veterinary expert, and the probe's ability to adapt to a wide variety of wound types. The application of the proposed instrument will contribute to increasing the informativeness of studies in the field of forensic veterinary wound examination.

**Keywords:** forensic veterinary examination, animals, wound injuries, wound tract, radiographic probe, investigation.

## Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи

I. В. Яценко<sup>1,2</sup> | В. В. Козачок<sup>1</sup><sup>1</sup> Державний  
біотехнологічний  
університет,  
м. Харків, Україна<sup>2</sup> Національний науковий  
центр «Інститут судових  
експертиз ім. Засл. проф.  
М. С. Бокаріуса»  
м. Харків, Україна

Дослідження та аналіз параметрів ран, спричинених гострими зброями, зокрема раневого каналу, відіграють важливу роль у діагностиці та оцінці ушкоджень у тварин. Актуальність цієї теми зумовлена особливостями етіопатогенезу та патофізіології таких ушкоджень, а також необхідністю вдосконалення методів діагностики та розробки чітких алгоритмів для проведення судово-ветеринарної експертизи. У роботі розкрито застосування авторського рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування раневого каналу, визначивши його практичну ефективність у судово-ветеринарній експертизі, а також оцінити перспективи подальшого застосування інструмента, враховуючи його властивості. Показано, що даний інструмент має циліндричну, порожнисту форму з діаметром від 3 до 5 мм і може змінюватися за довжиною. Його передня частина закінчується тупо. На стінці зонда нанесено розмітку з поділками по 1 см. Важливою особливістю рентген-зонда є можливість заповнення його циліндричної трубки рентген-контрастною речовиною (Омніпак, Ультравіст) через спеціальний конектор. Дослідження раневого каналу здійснюється шляхом обережного введення зонда в рановий канал тварини, після чого виконують рентгенографію ураженої ділянки тіла. На рентгеновському знімку чітко видно проєкцію зонда, що дозволяє точно визначити просторове розташування раневого каналу в будь-якій частині тіла. Доведено, що конструкція розробленого інструмента має низку важливих характеристик: здатність точно проникати у вузькі порожнини, можливість визначення та вимірювання глибини раневого каналу завдяки розмітці на поверхні зонда, оптимальне поєднання жорсткості та гнучкості для дослідження звивистих ранових ходів. Інструмент дозволяє визначити місцезнаходження та глибину залягання стороннього предмета в рановому каналі й забезпечує його візуалізацію на рентгенограми. Також він відзначається тривалим збереженням експлуатаційних властивостей, стійкістю до поломок при бічних навантаженнях, багаторазовим використанням, простотою у виготовленні нових зразків і відповідністю ергономічним вимогам. Розглянуто основні аспекти ефективності, зокрема точність отриманих даних, зручність використання для судово-ветеринарного експерта та здатність зонда адаптуватися до різноманітних ран. Застосування запропонованого інструменту сприятиме підвищенню інформативності досліджень у сфері судово-ветеринарної експертизи ран.

**Ключові слова:** судово-ветеринарна експертиза, тварини, ранові ушкодження, рановий канал, рентген-зонд, дослідження.**Бібліографічний опис для цитування:** Яценко І. В., Козачок В. В. Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 148–154.

## Вступ

Предметом судово-ветеринарного дослідження поміж іншого є ушкодження різної етіології, зокрема й за насильницьких дій над тваринами під час жорстокого поводження з ними [1, 2], а також під час виникнення різних надзвичайних ситуацій, зокрема й через численні прямі та непрямі наслідки військових дій, коли страждають не тільки люди, інфраструктура, довкілля, але й тварини, що підтверджується численними науковими дослідженнями та публікаціями [3].

Травми, завдані гострими знаряддями, у судово-ветеринарній практиці трапляються значно рідше, ніж ушкодження, спричинені тупими предметами, а також випадками отруєння. Це спостереження відіграє важливу роль для встановлення значення таких ушкоджень у процесі досудового розслідування правопорушень, скоєних проти здоров'я і життя тварин [4].

Дослідження та оцінка параметрів ран від дії гострих знарядь, зокрема й ранового каналу, має ключове значення у діагностиці ушкоджень тварин гострими знаряддями, зокрема й за вогнепальних та осколкових поранень [5]. Це обумовлено специфічними етіопатогенетичними та патофізіологічними характеристиками таких ушкоджень, а також потребою у розробці ефективної діагностики, специфічного лікування, алгоритмів проведення судово-ветеринарної експертизи [6].

Відомо, що ранові ушкодження характеризуються наступними особливостями: поділ на три зони: рановий отвір, рановий канал та дно [7]; стадійний розвиток протікання та процесів загоєння [8]; часте виявлення сторонніх тіл у рановому каналі або в тканинах навколо рани [9]; забруднення рани додатковими елементами, такими як пил, земля, уламки скла тощо [10]; наявність значних, множинних уражень життєво важливих органів та м'яких тканин [11]; довгий, та конфігураційно складний рановий канал [12].

Найпростішим і найбільш доступним методом є локальне дослідження ураженої ділянки, яке дозволяє об'єктивізувати обсяги та характер ушкоджень органів і тканин, визначити ступінь тілесних ушкоджень, загрозливих явищ для життя тощо. Це досягається шляхом огляду та ревізії травмованої ділянки, зокрема рани, завданої гострими знаряддями [13].

Як в гуманній, так і у ветеринарній медицині широко застосовується інструментарій для обстеження ран [14, 15], основними з яких є різноманітні зонди [16] та лінійки [17]. Найбільш поширене використання двох видів зондів: гудзикового та жолобуватого. Завдяки спрощеній конструкції ці зонди вирізняються своєю багатофункціональністю і низкою переваг, поміж яких гнучкість для точного введення у вузькі порожнини, легка маса, тривалий термін експлуатації та забезпечення якісного дослідження ділянки ураження.

Однак у них є і значні недоліки, зокрема, відсутність градуйованої розмітки ускладнює точне вимірювання розмірів рани, а також неможливість визначити просторову орієнтацію ранового каналу.

Одноразові лінійки, виготовлені з паперу або пластику, які широко використовуються для вимірювання ран, обмежуються визначенням лише зовнішніх розмірів. Через їхню крихкість, гнучкість і неприйнятні розміри вони не є придатними для вимірювання глибини ранових каналів.

Вимірювання ушкоджень значно впливає на результати діагностики, лікування та проведення судової експертизи [18, 19].

Окрім традиційних одновимірних методів, як-от використання лінійки чи зонда, нині активно застосовуються дво- та тривимірні методи візуалізації, штучний інтелект тощо, які стали ключовими інструментами, що забезпечують глибокий та багатовимірний аналіз, цифрову обробку зображень, точність вимірювань для оцінки складних ушкоджень [20].

Вагомий внесок у дослідження аналізованої проблеми зробили науковці: Biagioni et al. (2021) [21], Dolibog et al. (2023) [22], Tambella et al. (2025) [23], Sharun et al. (2025) [24], Sánchez-Jiménez et al. (2022) [25], Tan et al. (2023) [26], Aarts et al. (2023) [27], Lucas et al. (2021) [28], Li et al. (2020) [29], Velihotskyi et al. (2017) [30].

Наразі відсутність у судово-ветеринарній експертизі засобів для точного вимірювання ран та визначення їх просторового розташування в тілі тварини стимулювала створення нового інструменту для дослідження і вимірювання ранового каналу.

## Мета дослідження

Мета дослідження – провести аналіз застосування рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування ранового каналу, визначивши його практичну ефективність у судово-ветеринарній експертизі, а також оцінити перспективи подальшого застосування інструмента, враховуючи його властивості.

## Матеріали і методи

Об'єктом дослідження був рентген-зонд, розроблений авторами цієї роботи. Експериментальні випробування проводились на трупах собак (n=5) і котів (n=3). У різних ділянках тіла створювали ранові ушкодження за допомогою колючого знаряддя. В рановий канал вводили рентген-зонд, наповнений контрастною речовиною Омніпак. Згодом здійснювали рентгенографію трупів із використанням апарата «Diagnostic X-RAY UNIT (model: PXM-408T PLUS)» (Китай), визначали довжину та просторове розташування ранового каналу. Після успішного підтвердження ефективності застосування рентген-зонда на трупах тварин проводили його практичне використання у рамках судово-ветеринарної експертизи як для живих тварин із ушкодженнями від гострих знарядь, так і для трупів тварин.

## Результати та їх обговорення

Аналізувати досвід використання розробленого авторами цієї публікації рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування

раневого каналу слід із врахуванням його практичного застосування, зокрема й у судово-ветеринарній експертизі тварин, травмованих гострими знаряддями.

Варто розглянути ключові аспекти ефективності, такі як точність отриманих даних, зручність використання для судово-ветеринарного експерта та здатність зонда адаптуватися до різних типів ран. Дослідження, засновані на судово-ветеринарній практиці, можуть надати важливу інформацію про те, наскільки впровадження цього інструменту сприяє покращенню результатів судово-ветеринарних досліджень.

Оцінка перспективності використання розробленого інструмента базується на порівнянні з

аналогами, економічній доцільності його впровадження, а також можливості модифікації для розширення функційності. Такий підхід допоможе визначити, чи здатен розроблений і запропонований для судово-ветеринарної практики зонд вагоме місце у діагностичній та судово-ветеринарній практиці і чи виправдає він очікування.

Зонд для обстеження та визначення просторового розташування раневого каналу був застосований під час судово-ветеринарного дослідження 85 (100 %) підекспертних тварин, як самців, так і самок, поміж яких: собаки – 55 та котів – 30 у період 2021–2025 роки з ушкодженнями м'яких тканин різної локалізації (*табл. 1*).

**Таблиця 1**

Розподіл підекспертних собак і котів на яких досліджено властивості зонда

Ділянки тіла, в яких досліджені рани та їх характер	Коти		Собаки		Всього	
	голів (n=30)	%	голів (n=55)	%	голів (n=85)	%
Голова	4	13,3	7	12,7	11	12,9
Шия	3	10,0	9	16,4	12	14,1
Грудна клітка	8	26,7	17	30,9	25	29,4
Черевна стінка	6	20,0	11	20,0	17	20,0
Грудні кінцівки	4	13,3	5	9,1	9	10,7
Тазові кінцівки	5	16,7	6	10,9	11	12,9
Колоті рани	9	33,3	13	23,6	22	25,9
Колото-різані рани	21	70,0	42	76,4	63	74,1
Проникаючі в порожнини тіла рани	11	36,7	38	69,1	49	57,6
Непроникаючі в порожнини тіла рани	19	63,3	17	30,9	36	42,4
Поверхневі рани	3	10,0	5	9,1	8	9,4
Глибокі рани	27	90,0	50	90,9	77	90,6
Сліпі рани	26	86,7	7	12,7	33	38,8
Наскрізні рани	4	13,3	18	87,3	52	61,2
Одиничні рани	16	53,3	47	85,5	63	74,1
Множинні	14	46,7	8	14,5	22	25,6
Ізольовані рани	6	20,0	10	18,2	16	19,8
Поєднані	24	80,0	45	81,8	69	81,2
Згруповані рани	16	53,3	47	85,5	63	74,1
Розсіянні рани	14	46,7	8	14,5	22	25,9

Як показують дані таблиці, найбільша кількість ушкоджень, спричинених гострими знаряддями у собак і котів, припадає на ділянку грудної клітки, тоді як найменша – на шийний відділ у собак та грудну кінцівку у котів.

Щодо характеру ушкоджень, то під час випробування зонда у собак переважали колото-різані, непроникаючі, глибокі, сліпі, одиничні, комбіновані та згруповані ранові ушкодження. У свою чергу, у котів частіше фіксували колото-різані, проникні в порожнини тіла, глибокі, наскрізні, одиничні, комбіновані та згруповані ранові ушкодження. Таким чином, можна зробити висновок, що в експерименті була задіяна достатня кількість тварин із різноманітними видами ушкоджень гострими знаряддями, що дало змогу підтвердити ефективність розробленого підходу в судово-ветеринарній експертизі.

Плануючи конструкцію зонда ми прагнули, щоб він відповідав таким вимогам:

- здатність точно вводитися у вузькі порожнини;
- можливість виміряти глибину раневого каналу завдяки розмітці на поверхні зонда;
- оптимальне поєднання жорсткості конструкції з гнучкістю для обстеження звивистих ранових ходів;
- довговічність збереження експлуатаційних властивостей;

– можливість вимірювання глибини залягання в раневому каналі стороннього предмета, а також візуалізувати його на рентгенограмі;

– запобігання поломкам інструменту при бічних навантаженнях;

– можливість багаторазового застосування;

– простота виготовлення нового екземпляра зонда;

– відповідність ергономічним вимогам (*рис. 1*).

Практичне застосування авторської розробки показало позитивні результати та можливість використання її в практиці судово-ветеринарної експертизи. Зонд може бути виготовлений з різних матеріалів, включаючи силікон, латекс із силіконовим покриттям або поліхлорвініл. Для цих цілей може використовуватись катетер Нелатона, запаявши всі отвори, які є на його передньому кінці.

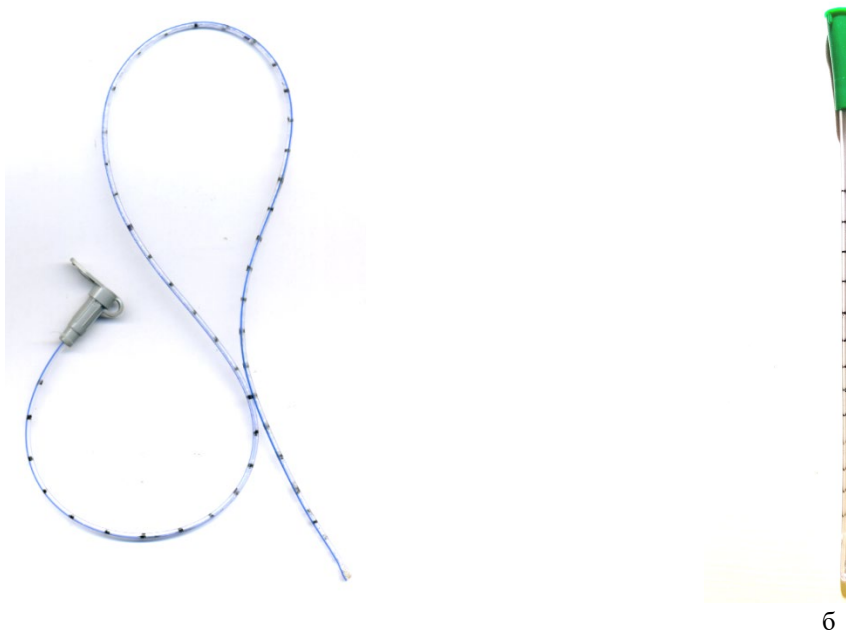
Цей інструмент має циліндричну форму із порожниною всередині, загальним діаметром від 3 до 5 мм і може бути різної довжини. Його передній кінець закінчується сліпо, а на задньому знаходиться конектор з пластиковим фіксатором. Через конектор в порожнину зонда вводять рентген-контрастну речовину (Омніпак Ультравіст та ін.). Це зручно робити за допомогою шприца. На стінці зонда є розмітка з ціною поділок 1 см, які знадобляться для вимірювання довжини раневого каналу (*рис. 2*).



а

б

**Рис. 1.** Колота рана тазової кінцівки у пса:  
а – зовнішній вигляд; б – зонд в рановому каналі



б

**Рис. 2.** Загальний вигляд рентген-зонда, виготовленого на основі урогенітального зонда (а), катетера Нелатона (б)

Дослідження ранового каналу полягає в тому, що рентген-зонд обережно поміщають в рановий канал тварини, а далі проводять рентгенографію, пораненої ділянки тіла тварини. На рентгеновському знімку чітко помітна проекція зонда, за якою можна визначити просторове розташування ранового каналу в будь-якій ділянці тіла (рис. 3).

Під час початкового й подальших обстежень тварин з рановими ушкодженнями, після загального та локального огляду в процесі ревізії ран, додатково з діагностичною метою необхідно використовувати

розроблений авторами цієї публікації зонд для дослідження ран.

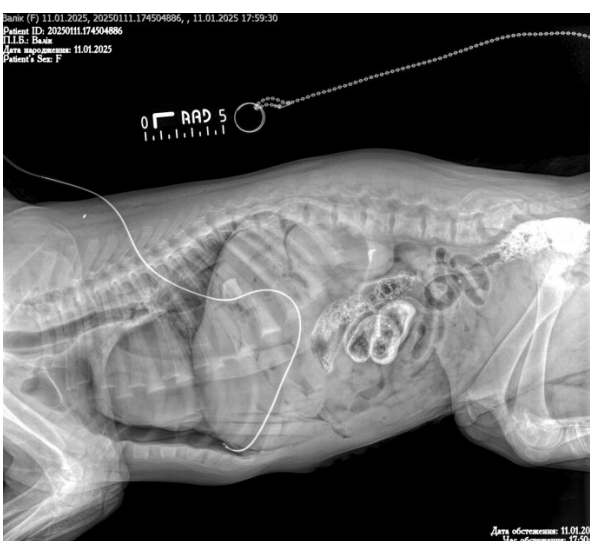
Тож за допомогою цього інструмента було виконано вимірювання ширини, довжини і глибини 85 ран у живих собак і котів, а також трупів тварин під час судово-ветеринарного дослідження. Це дозволило отримати об'єктивні дані про розміри ран, завданих гострими знаряддями, протяжність ранових каналів, їх просторову орієнтацію і характеристики динаміки ранового загоєння.



а



б



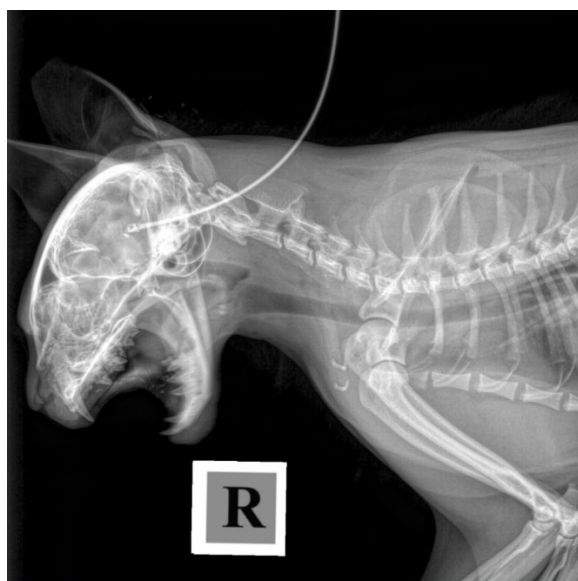
в



г



г



д

**Рис. 3.** Просторове розташування ранового каналу, визначене за допомогою рентген-зонда у пса: а – в нирковій ділянці, б – в ділянці мечоподібного відростка, в – в ділянці дорсального середостіння, г – в ділянці заплесного суглоба, г – в ділянці холки і ший, д – в ділянці ший і голови. Рентген-контраст Омніпак, рентгенапарат «Diagnostic X-RAY UNIT (model: PXM-408T PLUS)» (Китай)

Тож рентген-зонд забезпечує точне вимірювання глибини та ширини ранового отвору, довжини ранового каналу за шкалою на ньому. Крім того, за допомогою зонда можна знаходити й визначати наявність сторонніх тіл (металевих осколків, уламків скла тощо) в рановому каналі, шляхом виявлення ефекту «зісковзування» або «упирання», що виникає внаслідок взаємодії переднього, сліпого кінця зонда з поверхнею стороннього предмета. Також зондом можна виміряти глибину залягання стороннього предмета в рановому каналі, а на рентген-знімку ділянки ушкодження тварини – визначити його форму, щільність, розміри та ін. характеристики.

Під час ревізії ранових каналів у тварин із застосуванням розробленого зонда було виявлено сторонні тіла із встановленням їх точної локалізації у 9 трупів собак, 4 живих котів, 3 трупів котів за допомогою рентгенографії. Після видалення сторонніх предметів із ранових каналів, рани повторно зондували, виявляли нові ранові канали, визначивши їх напрямок та точну локалізацію.

Запропонований інструмент може використовуватися як самостійно, так і в комбінації з іншими хірургічними чи патологоанатомічними інструментарієм. Під час проведення зондування ранових каналів у живих підекспертних тварин не було зафіксовано жодних ускладнень або негативних наслідків, пов'язаних із застосуванням рентген-зонда.

Зважаючи на те, що зонд виготовлено із силікону, латексу із силіконовим покриттям або поліхлорвінілу, стерилізацію потрібно проводити з урахуванням таких особливостей: передстерилізаційне очищення інструмента дозволено виконувати будь-яким способом, відповідно до рекомендацій. Стерилізація можлива виключно хімічними або газовими методами. Не допускається нагрівати зонд вище 60 °С.

Позитивні результати, отримані від застосування інструмента для дослідження та вимірювання ранового каналу, дають підстави рекомендувати його для використання в практиці судово-ветеринарної експертизи тварин за травм, заподіяних гострими знаряддями.

## Висновки

1. Використання розробленого рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування ранового каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи є простим, доступним та інтуїтивно зрозумілим для судово-ветеринарних експертів.

2. Рентген-зонд є простим у застосуванні, доступним і зрозумілим для проведення обстеження та вимірювання ранових каналів в будь-якій ділянці тіла.

3. Розроблений рентген-зонд дозволяє проводити інструментальну ревізію ранового каналу, визначити його просторове розташування, протяжність, вимірювати розміри ран (довжину, ширину й глибину).

4. Інструмент може бути застосований на всіх стадіях проведення судово-ветеринарного дослідження трупів тварин, а також живих тварин.

*Перспективи подальших досліджень.* В подальшому плануємо зосередитись на розробці та обґрунтуванні способів виявлення сторонніх предметів у рановому каналі тварин.

## Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

## References

1. Cherevko, K. O. (2022). Foreign experience of animal protection institute against cruelty (comparative criminal legal analysis). *Bulletin of Criminological Association of Ukraine*, 27 (2), 37–47. <https://doi.org/10.32631/vca.2022.2.04>
2. Yashchenko, A. M. (2026). Cruelty to animals (art. 299 of the Criminal Code of Ukraine): composition of the crime, criminal-and-legal response measures. *Bulletin of Criminological Association of Ukraine*, 27 (2), 48–59. <https://doi.org/10.32631/vca.2022.2.05>
3. Pipia, S. (2024). The effect of Russia's invasion of Ukraine on non-human animals: International Humanitarian Law Perspectives. *Israel Law Review*, 57 (2), 265–287. <https://doi.org/10.1017/s0021223724000086>
4. Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). Forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 193–206. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.30>
5. Stoevesandt, D., Woydt, L., Peter, L.-M., & Weber, M. (2024). Forensic-radiological diagnosis of gunshot wounds. *Die Radiologie*, 64 (11), 854–860. <https://doi.org/10.1007/s00117-024-01367-0>
6. Zaika, P. O., Kochevchenko, A. S., & Slyusarenko, D. V. (2024). Treatment of mine explosive injury of the distal division of cattle limbs. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 9, 112–119.
7. Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). The procedure for describing injuries inflicted by sharp objects during a forensic veterinary examination. *Directions for the Development of Science in the Context of Global Transformations. Scientific monograph*. (pp. 74–97). Riga, Latvia: Baltija Publishing <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-562-4-5>
8. Lux, C. N. (2021). Wound healing in animals: a review of physiology and clinical evaluation. *Veterinary Dermatology*, 33 (1), 91. Portico. <https://doi.org/10.1111/vde.13032>
9. Carey Beer, A. J., Hemon, T., Halfacree, Z., Mullins, R. A., Moores, A., de la Puerta, B., Timmermans, J., Shales, C., Goh, D., Best, E., & Bristow, P. (2022). Complications associated with and outcome of surgical intervention for treatment of esophageal foreign bodies in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (6), 622–627. <https://doi.org/10.2460/javma.21.01.0060>
10. Yatsenko, I., Smirnov, O., & Kozachok, V. (2025). Forensic veterinary examination of animal bodies injured by glass fragments. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 16 (1), 40–58. <https://doi.org/10.31548/veterinary1.2025.40>
11. Mansbridge, N., Kallis, G., He, J., Pearce, I., & Fenner, J. (2024). Physical examination and CT to assess thoracic injury in 137 cats presented to UK referral hospitals after trauma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 26 (2). <https://doi.org/10.1177/1098612x241228050>
12. Kyshkan, P., & Savka, I. (2021). 3D-modeling of an experimental wound channel caused by a piercing-cutting object with bilateral blade grinding. *Forensic-Medical Examination*, 2, 74–83. <https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2021.9>
13. Yatsenko, I. V., & Kozachok, V. V. (2025). Practice of forensic veterinary examination of injuries to animals caused by sharp objects. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4 (67), 116–130. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.4.17>

14. Ibraheem, W. I., Bhati, A. K., Hakami, N. A., Alshehri, A. D., Wadani, M. H. M., & Ageeli, F. M. E. (2023). Comparison of digital planimetry and ruler methods for the measurement of extraction socket wounds. *Medicina*, 59(1), 135. <https://doi.org/10.3390/medicina59010135>
15. Zhao, C., Guo, Y., Li, L., & Yang, M. (2024). Non-invasive techniques for wound assessment: A comprehensive review. *International Wound Journal*, 21(11), e70109. <https://doi.org/10.1111/iwj.70109>
16. Zhong, S. Y., Shu, M. G., & Du, H. C. (2025). Current status, representative devices, and future development trends of wound measurement technologies. *Chinese Journal of Burns and Wounds*, 41(10), 1004–1010. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn501225-20241231-00516>
17. Guarro, G., Cozzani, F., Rossini, M., Bonati, E., & Del Rio, P. (2021). Wounds morphologic assessment: application and reproducibility of a virtual measuring system, pilot study. *Acta Biomedica*, 92(5), e2021227. <https://doi.org/10.23750/abm.v92i5.11179>
18. Jørgensen, L. B., Skov-Jeppesen, S. M., Halekoh, U., Rasmussen, B. S., Sørensen, J. A., Jemec, G. B. E., & Yderstræde, K. B. (2018). Validation of three-dimensional wound measurements using a novel 3D-WAM camera. *Wound Repair and Regeneration*, 26(6), 456–462. <https://doi.org/10.1111/wrr.12664>
19. Kyshkan, P. Y., Savka, I. H., & Marchuk, V. O. (2020). Using 3D-modelling methods during acute heart injury examination. *Forensic-Medical Examination*, 1, 75–84. <https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2020.10>
20. Giggin, T., Martin, K. D., Vebugopal, S. K., Anil, K. S., Sreeranjini, A. R., & Narayanan, M. K. (2024). Comparative analysis of mathematical models and app-based measurement for estimating the cutaneous wound areas of captive Asian elephants. *Cureus*, 16(7), e65533. <https://doi.org/10.7759/cureus.65533>
21. Biagioni, R. B., Carvalho, B. V., Manzioni, R., Matiolo, M. F., Brochado Neto, F. C., & Sacilotto, R. (2021). Smartphone application for wound area measurement in clinical practice. *Journal of Vascular Surgery Cases, Innovations and Techniques*, 7(2), 258–261. <https://doi.org/10.1016/j.jvscit.2021.02.008>
22. Dolibog, P. T., Dolibog, P., & Chmielewska, D. (2023). Determining the measurement accuracy in assessing the progress of wound healing. *Advances in Dermatology and Allergology*, 40(4), 554–560. <https://doi.org/10.5114/ada.2023.129326>
23. Tambella, A. M., Galosi, M., Angorini, A., Dini, F., Piccionello, A. P., Di Bella, C., Serino, F., Sassaroli, S., & Troisi, A. (2025). Advances in noncontact measurement of wound area using an application for smart mobile devices. *Advances in Skin & Wound Care*, 38(7), 360–366. <https://doi.org/10.1097/asw.0000000000000296>
24. Khan, S., Banu, S. A., Mamachan, M., Vinodhkumar, O. R., Manjusha, K. M., Kumar, R., Pawde, A. M., Dhama, K., & Pal, A. (2025). Comparative assessment of smartphone-based digital planimetry for wound area measurement. *Narra J*, 5(2). <https://doi.org/10.52225/narra.v5i2.1987>
25. Sánchez-Jiménez, D., Buchón-Moragues, F. F., Escutia-Muñoz, B., & Botella-Estrada, R. (2021). SfM-3DULC: Reliability of a new 3D wound measurement procedure and its accuracy in projected area. *International Wound Journal*, 19(1), 44–51. <https://doi.org/10.1111/iwj.13595>
26. Tan, P., Basonbul, R. A., Lim, J., & Moiemmen, N. (2023). Performance of portable objective wound assessment tools: a systematic review. *Journal of Wound Care*, 32(2), 74–82. <https://doi.org/10.12968/jowc.2023.32.2.74>
27. Aarts, P., van Huijstee, J. C., Ragamin, A., Reeves, J. L., van Montfrans, C., van der Zee, H. H., & Prens, E. P. (2022). Validity and reliability of two digital wound measurement tools after surgery in patients with hidradenitis suppurativa. *Dermatology*, 239(1), 99–108. <https://doi.org/10.1159/000525844>
28. Lucas, Y., Niri, R., Treuillet, S., Douzi, H., & Castaneda, B. (2021). Wound size imaging: Ready for smart assessment and monitoring. *Advances in Wound Care*, 10(11), 641–661. <https://doi.org/10.1089/wound.2018.0937>
29. Li, S., Mohamedi, A. H., Senkowsky, J., Nair, A., & Tang, L. (2020). Imaging in chronic wound diagnostics. *Advances in Wound Care*, 9(5), 245–263. <https://doi.org/10.1089/wound.2019.0967>
30. Velihotskyi, O. M., Mykhailusov, R. M., & Nehoduiko, V. V. (2017). *Patent na korysnu model No 121011. UA. Sposib videoendoskopichnoi vizualizatsii ranovoho kanalu ta storonnikh til.* Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/745897/> [in Ukrainian]

#### ORCID

I. Yatsenko  <https://orcid.org/0000-0001-8903-2129>  
 V. Kozachok  <https://orcid.org/0009-0009-5116-0630>



2025 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.