

СУЧАСНІ СТАН, МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА СПАЛЕНИМИ КІСТКОВИМИ ОСТАНКАМИ

Голубович Л.Л.¹, Зубко М.Д.¹, Голубович А.Л.², Голубович П.Л.²

¹Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, Україна

²КУ «Запорізьке обласне бюро судово-медичної експертизи» ЗОР, м. Запоріжжя, Україна

Резюме. У статті розглянуті сучасний стан (за даними літератури) та власний досвід комплексної роботи спеціалістів з дослідження спалених кісткових останків з метою ідентифікації осіб за кістками різних ступенів спалення та фрагментації.

Мета роботи. Проаналізувати дані наукової літератури й окреслити сучасні можливості та перспективи дослідження спалених кісткових останків.

Висновки. Викладений матеріал свідчить про те, що спалені кісткові останки вивчені недостатньо повно, що не дозволяє якісно та повною мірою проводити ідентифікацію загиблої особи в усіх випадках. З метою отримання обґрунтованих і достовірних результатів щодо ідентифікації осіб, загиблих у зоні дії високої температури, необхідно продовжити планомірне та послідовне вивчення всіх кісток скелета з застосуванням сучасних методів дослідження.

Ключові слова: спалені кісткові останки, судово-медична експертиза, ідентифікація особи, комплексний підхід.

Вступ. В Україні, як і в усьому світі, на жаль, досить часто виникають природні та техногенні катастрофи, аварії на транспорті, в побуті, терористичні акти або воєнні дії, що супроводжуються пожежами та загибеллю людей і тварин. До процесу розслідування в цих випадках обов'язково залучаються судово-медичні експерти. На них покладається завдання дослідження трупів чи їхніх кісткових залишків для вирішення цілої низки спеціальних питань, що цікавлять правоохоронні органи. Тобто існує досить широкий спектр необхідності судово-медико-криміналістичних досліджень спалених кісткових останків, насамперед з метою ідентифікації загиблих осіб.

Мета роботи. Проаналізувати дані наукової літератури й окреслити сучасні можливості та перспективи дослідження спалених кісткових останків.

Результати роботи та їх обговорення. Маючи певний досвід судово-медичного дослідження кісткових останків, що піддалися дії високої температури, та проаналізувавши сучасну літературу з даного питання, з одного боку, можемо констатувати, що протягом багатьох десятиріч проблема вивчалася та продовжує вивчатися науковцями та дослідниками багатьох країн світу з різних напрямів знань: фізичний і хімічний аналіз; рентгенографія; ДНК-аналіз; мікрокомп'ютерна томографія тощо. [1-5] З іншого боку, доводиться визнати, що, незважаючи на накопичення важливих даних, методи ідентифікації загиблих осіб за спаленими кістковими останками все ще залишаються в стадії розробки.

Публікації останнього десятиріччя свідчать, що увага приділяється змінам, що відбуваються в кістках у процесі їх спалювання, зокрема зміні кольору, зниженню ваги, зменшенню розмірів (усадці), деформації, фрагментації, збереженню ДНК тощо.

Автори, які вивчали фізичний стан і хімічну структуру, довели, що кістка складається з двох частин: неорганічної (газований фосфат кальцію) й органічної (білок, що присутній у колагені). [6] Колаген формує матрицю, що забезпечує пружність кістки, а мінерал – гідроксилапатит, що складається з крихітних пластинчастих кристалів з високою площею поверхні, забезпечує міцність структури.

Виявлена певна закономірність між дією температурного режиму спалювання та зміною кольору кісткової тканини. [7-9] Хоча окремі дослідники спалювали кістки в різних типах печей, з подачею кисню чи без, зразки кісткової тканини були різними за масою та розмірами,

спалювалися протягом різного часу, все ж усі науковці спостерігали певну кореляцію між кольором і температурою спалювання. При температурі 200°C кістки набували жовто-коричневого кольору, 300-400°C – темно-коричнево-чорного, 500-600°C – світло-сірого, вище 700°C – білого, крейдоподібного. Подібні дані були отримані і в наших експериментах. [1,3]

Усі дослідники спостерігали зменшення маси кісток при їх спалюванні. Відомо, що компактні кістки на 14 % складаються з води, 24 % – органічного матриксу, а інші 62 % класифікуються як кістковий мінерал. [10] Зменшення ваги відзначається відразу після початку нагрівання, різко зростає при нагріванні до 400°C, а до 700°C стабілізується на рівні 60 % від початкової маси. Після повної кремації людського жіночого тіла в середньому залишається від 2000 г, а чоловічого – до 3000 г золи або від 876 г до 2750 г для жіночих тіл і від 1887 г до 3784 г для чоловічих. [10,11] Методом інфрачервоної спектроскопії на перетворювачі (FTIR) автори довели різке зменшення колагену при нагріванні кісток до 200-400°C і повне його зникнення при 700°C. Дослідники вказали на необхідність урахування зменшення органічного матриксу на обгорілих кістках, оскільки ДНК є їх органічним компонентом.

Крім зменшення маси, при спалюванні кісток змінюються їхні розміри. Ми встановили це явище на значному матеріалі довгих трубчастих кісток при їх спалюванні при різних температурних режимах, у різних осередках високої температури. [1,2,4] Було переконливо доведено, що на ступінь усадки кісткової тканини впливає не тільки певний рівень температури (вище 700°C), але й тип кісткової тканини, вікові періоди, в певні терміни – стать загиблої людини. Навіть різні відділи однієї кістки виявляють різний ступінь усадки.

Нині успішно застосовується технологія рентгенівської комп'ютерної томографії, що дозволяє проводити цифрове вимірювання об'єму кісткових уламків складних форм з великою кількістю порожнин різних розмірів і форм, у такий спосіб обчислювати ступінь усадки кісткової тканини. [8,12-18] На жаль, в Україні технологія мікрокомп'ютерної томографії в судовій медицині ще не використовується.

Іншими авторами встановлено, що об'єм спалюваних кісток не змінюється до 600°C, а потім значно зменшується, принаймні до 1100°C. Вважається, що усадка відбувається за рахунок комбінації явищ, як-от втрата колагену, перекристалізація гідроксилапатиту, що викликає зростання кристалічності, хімічне перетворення гідроксилапатиту в бета-трикальцій фосфат і злиття цих кристалів. [6,10,18-21,37,45] Стверджується, що об'єм вивчених ними кісток при спалюванні зменшувався наполовину.

Досліджуючи довгі трубчасті кістки людини, ми встановили, що усадка кісткової тканини різних відділів відбувається нерівномірно. Найбільше усаджуються епіфізи (в середньому на 16-22 %), метафізи (на 12,5-17 %), діафізи (на 13-14,5 % за довжиною та до 30 % за товщиною). Це дуже важливі результати, що мають основоположне значення при встановленні статі загиблої людини й обчисленні довжини її тіла.

Крім усадки, кістки значно руйнуються та деформуються, що проявляється в їх скривленні, згинанні, скручуванні по осі тощо. [1,22-26]

Твердість кісткової тканини при спалюванні змінюється, спочатку, при температурі нижче 150°C, спостерігається її невелике затвердіння, що встановлювалось методом твердості за Віккерсом, потім кістка стає крихкою за рахунок ослаблення колагену при згорянні. [7,10] Після нагрівання від 400°C до 700°C знову настає затвердіння, що співпадає зі збільшенням кристалічності. Механізм стиснення призводить до утворення тріщин і фрагментації кісток. [25-27] Автори вказують, що спалені кістки продовжують руйнуватися і після припинення дії високої температури та рекомендують реконструювати їх відразу після виявлення.

Ті ж самі явища ми спостерігали у своїх експериментах, тому рекомендуємо ще на місці події покривати виявлені фрагменти тонким шаром скріплюючого матеріалу (полістирол у толуолі, вдвічі розведений клей ПВА). [1]

Вживання ДНК на обгорілих і спалених кістках. У деяких дослідженнях сповіщається про застосування типування ДНК на кістках, навіть спалених. [8,18,28-33] Їх результати показали, що ДНК не може бути ампліфікованою вже за дії температурі 210°C упродовж 2 годин і навіть при 200°C протягом 45 хвилин. [8,10,18] ДНК не зберігається навіть у пульпі зубів, нагрітих до 400°C упродовж 2 хвилин (хоча пульпа і захищена емаллю та дентином). [29]

Т. Schwark і співавт. [30] опублікували результати ампліфікації ДНК обгорілих кісток при

температурі понад 500°C. Але треба враховувати, що дослідники застосовували саморобну мультиплексну систему полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), можливо, через це їхні дані відрізняються від результатів інших авторів. Крім того, невідомо, яку частину спаленої кістки автори вибирали для дослідження, адже вище вже відзначалося, що температура горіння в різних відділах і різних шарах кістки, що спалюється, може бути різною. А втім більшість науковців, які аналізували ДНК спалених кісток, вважають, що отримання достатньої кількості профілів ДНК з сильно обгорілих кісток мало ймовірно, тому орієнтують дослідників на отримання якомога більшої морфологічної інформації з фрагментів ламких спалених кісток. Ми дотримуємося тієї ж думки.

Пізніші дослідження іноземних вчених (2010-2018 рр.) можна умовно поділити на три напрями: а) археологічні розкопки; б) спалювані в експериментах кістки чи туші тварин (поросят) з метою встановлення маси кісткових останків; в) кісткові останки після кремації.

Вивчаючи вагові співвідношення спалених тіл і кісткових останків, що утворюються внаслідок спалювання, J.H. Jæger і V.L. Johansen [33] у своїх експериментах замість тіл поросят-немовлят спалювали на дровах при температурі 700°C однотижневих тварин. Автори довели, що маса кісткових останків складала від 2,18 % до 3,28 %, а в перерахунку на кісткові останки відхилення складало від -0,32 % до +0,78 %.

D. Gongalves [32], досліджуючи римське поховання в Португалії з метою ідентифікації особи, застосував послідовність вирішення питань. Кількість спалених трупів визначалася за повтором однойменних кісток; стать – за морфологічними особливостями таза, зокрема за оцінкою в балах (від 1 до 5) великої сідничної вирізки (1 – жіноча кістка, 5 – чоловіча), та стандартними вимірюваннями вертикальних діаметрів плечової та стегнової кісток; вік – за злиттям епіфізів та особливостями вікових змін лобкового симфізу.

Найбільш доступним у виконанні, дешевим і надійним слід вважати мікроскопічний (у проникаючому світлі) метод. [1] Гістоморфологічний метод дослідження експериментально спалених кісток також використовували іноземні дослідники.

Вважаємо за потрібне окремо зупинитися на можливостях ідентифікації загиблих за повністю звугленими кістковими залишками на основі отриманих нами результатів дослідження довгих трубчастих кісток скелетів людей та окремих свійських тварин.

Коло питань, що можуть бути вирішені за звугленими кістковими залишками, залежить від ступеня їх фрагментації та ступеня спалення.

Нами досліджувалися спалені кістки (матеріалом слугували 1090 довгих трубчастих людських кісток (плечові, ліктьові, променеві, великі та малі гомілкові) осіб у віці від 20 до 91 року, 490 інших кісток скелетів, 632 однойменні кістки окремих свійських тварин (корови, вівці, свині, собаки)). Застосовувалися остеоскопічний, морфометричний, мікроостеометричний, мікрорентгенографічний, статистичний, математичний методи.

Наш досвід показав, що при згорянні м'яких тканин також відбувається фрагментація кісток (за рахунок різних температур у ділянках, прикритих і не прикритих м'якими тканинами, та внаслідок коливання повітря). Цілими можуть залишитися лише короткі трубчасті кістки кистей, стоп і деякі інші дрібні кістки. Після спалювання за ступенем фрагментації (без навмисного руйнування) ми виділяємо: великі фрагменти, на яких збереглися анатомо-морфологічні ознаки, притаманні людині чи тваринам; відносно крупні уламки без вказаних ознак; дрібні шматочки компактної чи губчастої речовини; золу.

Для практичного застосування виділені та рекомендуються наступні ступені спалення, що залежать від температури, відрізняються різним кольором і характеризуються різною мірою усадки кісткової тканини: чорне, що виникає при температурі від 280 до 400 С; темно-сіре – 400-450 С; світло-сіре – 450-680°C; біле без усадки кісткової тканини – до 700 С. Усі ці ступені характеризуються або відсутністю усадки кісткової тканини, або її мінімальною усадкою (до 2 %). [1] П'ятий ступінь (біле спалення з усадкою кісткової тканини) настає після 700°C і до 1100 С досягає свого максимуму, що повинен враховуватися при визначенні розмірів фрагментів. На нашу думку, найбільш прийнятною для практичного застосування є саме ця класифікація.

Ідентифікація у випадках дослідження спалених кісток переважно проводиться за груповими характеристиками.

Фрагменти з анатомо-морфологічними ознаками (незалежно від ступеня спалення) дають

можливість визначити видову належність.

За людськими кістками методом одновимірною дискримінантного аналізу (Колосова В.М.) встановлюється статеву належність (незалежно від ступеня спалення). [4] Після визначення статі за спеціально отриманими для кожної ознаки рівняннями парної регресії обчислюється довжина тіла (зріст) загиблої людини. За кожною характеристикою математичним шляхом отримуються індекси усадки для чорного, сірого та білого спалення. Формули для обчислювання зросту виведені для фрагментів і окремих характеристик плечових, ліктьових, променевиких, стегнових, великих і малих гомілкових кісток (усього понад 450 регресійних рівнянь). [2]

Використовуючи вікові кількісні зміни різних видів і окремих форм остеонних конструкцій, що підраховуються на одиниці площі поперечних шліфів-блоків, виготовлених з уламків діафізів, вдається встановлювати вікові періоди кістки. Біологічний вік людини визначається за спеціально складеними рівняннями множинної регресії незалежно від ступеня спалення. [5] Над вирішенням цього питання робота триває.

У разі надходження дрібних уламків діафізів, тобто об'єктів, що не мають виражених диференційних анатомо-морфологічних ознак, видова належність визначається за особливостями будови різних форм остеонних конструкцій, що добре розпізнаються на поперечних і поздовжніх шліфах-блоках сірого спалення після візуалізації конструкцій розчином полістиролу в толуолі. Біле спалення кісток потребує забарвлення шліфів-блоків лужними барвниками (метиленовий синій), що робить мікроструктури видимими. [3] Якщо ж доводиться мати справу з губчастою речовиною, її видову належність можна з певністю встановлювати, визначивши питомі об'єм і масу об'єкта, незалежно від його розмірів, форми та ступеня спалення.

У випадках, коли на дослідження надходять лише мікроскопічні частки кісткової золи, вдається довести її походження від кісток людини чи тварин за різницею в довжині, ширині кісткових лакун і їх кількості на одиниці площі. Позитивний результат у таких випадках вдається отримати лише при сірому спаленні кісткової тканини. [3]

Встановлення індивідуального походження конкретної кістки вирішується лише за прижиттєвими переломами достовірно відомої локалізації, вадами розвитку чи прижиттєвими хворобливими змінами. У нашому досвіді були досить численні випадки індивідуальної ідентифікації, що наведені в попередніх публікаціях.

Ми вважаємо, що ідентифікація спалених кісток на рівні групових ознак із застосуванням використаних методів та отриманих нами й іншими дослідниками результатів можлива вже зараз, але потрібне подальше дослідження інших кісток скелета та використання сучасних методів.

Висновки.

1. Викладений матеріал свідчить про те, що спалені кісткові останки вивчені недостатньо повно, що не дозволяє якісно та повною мірою проводити ідентифікацію загиблої особи в усіх випадках.
2. З метою отримання обґрунтованих і достовірних результатів щодо ідентифікації осіб, загиблих у зоні дії високої температури, рекомендується:
 - а) створити методичні розробки з виконання судово-криміналістичних експертиз за спаленими кістковими останками різних ступенів спалення та фрагментації;
 - б) застосовувати при вивченні спалених кісткових останків отримані в Запорізькому державному медичному університеті та перевірені на практиці спеціалістами різних обласних і республіканських Бюро судово-медичної експертизи дані стосовно досліджених спалених довгих трубчастих кісток для вирішення питань ідентифікації;
 - в) організувати при одному з судово-медичних експертних закладів України науково-дослідну лабораторію ідентифікації особи за кістковими останками, укомплектувавши її необхідною сучасною дослідницькою апаратурою та підготовленими кадрами;
 - г) продовжити планомірне та послідовне вивчення всіх кісток скелета людини, оскільки окремі кістки і навіть їхні окремі відділи мають особливості як макроскопічної, так і мікроскопічної будови, які до того ж змінюють структуру в різні вікові періоди та по-різному міняються під дією високої температури.
3. Вирішити питання щодо можливості використання для досліджень матеріалу архівів криміналістичних відділень обласних бюро України, термін зберігання якого збіг.

Література

1. Голубович ЛЛ, Зубко МД, Голубович ПЛ, Голубович АЛ. Необхідність врахування зміни кісткової тканини під дією високої температури при ідентифікації загиблої особи за спаленими кістковими залишками. Судово-медична експертиза. 2018;2:53-7.
2. Голубович ЛЛ, Зубко МД, Голубович ПЛ, Голубович АЛ. Визначення довжини тіла (зросту) при ідентифікації загиблої особи за спаленими кістковими залишками. Судово-медична експертиза. 2018;2:57-60.
3. Голубович ЛЛ, Бачинський ВТ, Зубко МД, Голубович ПЛ, Голубович АЛ, Куртев АВ. Визначення видової належності кісток, що піддалися дії високої температури при судово-медичній ідентифікації загиблих осіб. Клінічна та експериментальна патологія. 2019;2(18):105-9.
4. Голубович ЛЛ, Бачинський ВТ, Зубко МД, Голубович ПЛ, Голубович АЛ, Куртев АВ. Встановлення статевої належності кісток, що піддалися дії високої температури при судово-медичній ідентифікації загиблої особи. Буковинський медичний вісник. 2019;2(23):62-7.
5. Голубович ЛЛ, Зубко МД. Определение возрастных периодов погибшего человека в судебно-медицинской практике по сожженным костным останкам. В: Medicine under the modern conditions of integration development of European countries. International scientific conference; 2019 May 10-11; Lublin. Lublin; 2019. с. 58-61.
6. Eric Bartelink. From Decomposition to Pretreatment: Evaluating the Effects of Diagenesis on Bone. ANTH 413: Bioarchaeology; 2014.
7. Ellingham STD, Thompson TJU, Islam M, Taylor G. Estimating temperature exposure of burnt bone – a methodological review. Sci Justice. 2015;55(3):181-8. doi: 10.1016/j.scijus.2014.12.002
8. Imaizumi K, Taniguchi K, Ogawa Y. DNA survival and physical and histological properties of heat-induced alterations in burnt bones. Int J Legal Med. 2014;128(3):439-46. doi: 10.1007/s00414-014-0988-y
9. Munsell Color [Internet]. Grand Rapids; 2015 [updated 2015 Aug 25; cited 18 Mar 2019]. Available from: <https://munsell.com/>
10. Fredericks JD, Ringrose TJ, Dicken A, Williams A, Bennett P. A potential new diagnostic tool to aid DNA analysis from heat compromised bone using colorimetry: a preliminary study. Sci Justice. 2015;55(2):124-30. doi: 10.1016/j.scijus.2014.10.005
11. Badea CT, Drangova M, Holdsworth DW, Johnson GA. In vivo small animal imaging using micro-CT and digital subtraction angiography. Phys Med Biol. 2008;53(19):R319-50. doi: 10.1088/0031-9155/53/19/R01
12. Liu Y, Scholtz G, Hou X. When a 520 million-year-old Chengjiang fossil meets a modern micro-CT – a case study. Sci Rep. 2015;5:12802. doi: 10.1038/srep12802
13. Dessel JV, Huang Y, Depypere M, Rubira-Bullen I, Maes F, Jacobs R. A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. Dentmaxillofac Radiol. 2013;42(8):20130145. doi: 10.1259/dmfr.20130145
14. Hsu J-T, Chen Y-J, Ho Y-J, Huang H-L, Wang S-P, Cheng F-C, et al. A comparison of micro-CT and dental CT in assessing cortical bone morphology and trabecular bone microarchitecture. PLoS One. 2014;9(9):e107545. doi: 10.1371/journal.pone.0107545
15. Swain MV, Xue J. State of the art of micro-CT applications in dental research. Int J Oral Sci. 2009;1(4):177-88. doi: 10.4248/IJOS09031
16. Sombke A, Lipke E, Michalik P, Uhl G, Harzsch S. Potential and limitation of X-ray micro-computed tomography in arthropod neuroanatomy: a methodological and comparative survey: micro-CT in arthropod neuroanatomy. J Comp Neurol. 2015;523:1281-95. doi: 10.1002/cne.23741
17. Kim AJ, Francis R, Liu X, Devine WA, Ramirez R, Anderton Sj, et al. Microcomputed tomography provides high accuracy congenital heart disease diagnosis in neonatal and fetal mice. Circ Cardiovasc Imaging. 2013;6(4):551-9. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000279
18. Fredericks JD, Bennett P, Williams A, Rogers KD. FTIR spectroscopy: a new diagnostic tool to aid DNA analysis from heated bone. Forensic Sci Int Genet. 2012;6(3):375-80. doi: 10.1016/j.fsigen.2011.07.014

19. Schmidt CW, Symes SA, editors. *The Analysis of Burned Human Remains*. London: Academic Press; 2008. Schultz JJ, Warren MW, Krigbaum JS, Analysis of human cremains: gross and chemical methods; p. 85-viii.
20. Kalsbeek N, Richter J. Preservation of burned bones: an investigation of the effects of temperature and pH on hardness. *Stud Conserv*. 2006;51(2):123-38.
21. Hochmeister MN, Budowle B, Borer UV, Eggmann U, Comey CT, Dirnhofer R. Typing of deoxyribonucleic acid (DNA) extracted from compact bone from human remains. *J Forensic Sci*. 1991;36(6):1649-61.
22. Thompson TJU. Heat-induced dimensional changes in bone and their consequences for forensic anthropology. *J Forensic Sci*. 2005;50(5):1008-15.
23. Gonçalves D. The reliability of osteometric techniques for the sex determination of burned human skeletal remains. *Homo*. 2011;62(5):351-8. doi: 10.1016/j.jchb.2011.08.003
24. Castillo RF, Ubelaker DH, Acosta JAL, de la Rosa RJE, Garcia IG. Effect of temperature on bone tissue: histological changes. *J Forensic Sci*. 2013;58(3):578-82. doi: 10.1111/1556-4029.12093
25. Waterhouse K. Post-burning fragmentation of calcined bone: implications for remains recovery from fetal fire scenes. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(8):1112-7. doi: 10.1016/j.jflm.2013.10.004
26. Waterhouse K. The effect of weather conditions on burnt bone fragmentation. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(5):489-95. doi: 10.1016/j.jflm.2013.03.016
27. Delattre VF. Burned beyond recognition: systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci*. 2000;45(3):589-96.
28. Imaizumi K, Noguchi K, Shiraishi T, Sekiguchi K, Senju H, Fijii K, et al. DNA typing of bone specimens – the potential use of the profiler test as a tool for bone identification. *Leg Med (Tokyo)*. 2005;7(1):31-41. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.07.003
29. Imaizumi K, Saitoh K, Sekiguchi K, Yoshino M. Identification of fragmented bones based on anthropological and DNA analysis: case report. *Leg Med (Tokyo)*. 2002;4(4):251-6. doi: 10.1016/s1344-6223(02)00035-4
30. Schwark T, Heinrich A, Preuße-Prange A, Wurmb-Schwark NV. Reliable genetic identification of burnt human remains. *Forensic Sci Int Genet*. 2011;5(5):393-9. doi: 10.1016/j.fsigen.2010.08.008
31. Harvig L, Lynnerup N. On the volume of cremated remains – a comparative study of archaeologically recovered cremated bone volume as measured manually and assessed by computed tomography and by stereology. *J Archaeol Sci*. 2013;40(6):2713-22. doi: 10.1016/j.jas.2013.01.024
32. Cattaneo C, DiMartino S, Scali S, Craig OE, Grandi M, Sokol RJ. Determining the human origin of fragments of burnt bone: a comparative study of histological, immunological and DNA techniques. *Forensic Sci Int*. 1999;102(2-3):181-91. doi: 10.1016/s0379-0738(99)00059-6
33. Jæger JH, Johansen VL. The cremation of infants/small children: an archaeological experiment concerning the effects of fire on bone weight. *Cadernos do GEEvH*. 2013;2(2):13-26.

References

1. Holubovych LL, Zubko MD, Holubovych PL, Holubovych AL. Neobkhidnist' vrakhuvannia zminy kistkovoï tkanyny pid diieiu vysokoi temperatury pry identyfikatsii zahybloi osoby za spalenyi kistkovy zalyshkamy [The need to take into account changes in bone tissue under the action of high temperature when identifying an individual by scorched bone remains]. *Sudovomedychna ekspertyza*. 2018;2:53-7. (in Ukrainian)
2. Holubovych LL, Zubko MD, Holubovych PL, Holubovych AL. Vyznachennia dovzhyny tila (zrostu) pry identyfikatsii zahybloi osoby za spalenyi kistkovy zalyshkamy [Determination of body length (height) in identifying an individual by scorched bone remains]. *Sudovomedychna ekspertyza*. 2018;2:57-60. (in Ukrainian)
3. Holubovych LL, Bachyns'kyi VT, Zubko MD, Holubovych PL, Holubovych AL, Kurtiev AV. Vyznachennia vydovoi nalezhnosti kistok, scho piddalysia dii vysokoi temperatury pry sudovomedychni identyfikatsii zahyblykh osib [Establishment of the specific belonging of the bones subjected to the high temperature exposure at medical identification of the lost persons]. *Klinichna ta eksperymental'na patolohiia*. 2019;2(18):105-9. (in Ukrainian)
4. Holubovych LL, Bachyns'kyi VT, Zubko MD, Holubovych PL, Holubovych AL, Kurtiev AV.

Vstanovlennia statevoi nalezhnosti kistok, scho piddalysia dii vysokoi temperatury pry sudovomedychnii identyfikatsii zahybloi osoby [Establishment of sexual origin of bones exposed to high temperatures in the forensic identification of the victims]. *Bukovyns'kyi medychnyi visnyk*. 2019;2(23):62-7. (in Ukrainian)

5. Golubovich LL, Zubko MD. Opredelenie vozrastnykh periodov pogibshogo cheloveka v sudebno-meditsinskoy praktike po sozhzhennym kostnym ostankam [Determination of the age periods of a dead person in forensic practice on burned bone remains]. V: *Medicine under the modern conditions of integration development of European countries. International scientific conference*; 2019 May 10-11; Lublin. Lublin; 2019. s. 58-61. (in Russian)
6. Eric Bartelink. *From Decomposition to Pretreatment: Evaluating the Effects of Diagenesis on Bone*. ANTH 413: Bioarchaeology; 2014.
7. Ellingham STD, Thompson TJU, Islam M, Taylor G. Estimating temperature exposure of burnt bone – a methodological review. *Sci Justice*. 2015;55(3):181-8. doi: 10.1016/j.scijus.2014.12.002
8. Imaizumi K, Taniguchi K, Ogawa Y. DNA survival and physical and histological properties of heat-induced alterations in burnt bones. *Int J Legal Med*. 2014;128(3):439-46. doi: 10.1007/s00414-014-0988-y
9. Munsell Color [Internet]. Grand Rapids; 2015 [updated 2015 Aug 25; cited 18 Mar 2019]. Available from: <https://munsell.com/>
10. Fredericks JD, Ringrose TJ, Dicken A, Williams A, Bennett P. A potential new diagnostic tool to aid DNA analysis from heat compromised bone using colorimetry: a preliminary study. *Sci Justice*. 2015;55(2):124-30. doi: 10.1016/j.scijus.2014.10.005
11. Badea CT, Drangova M, Holdsworth DW, Johnson GA. In vivo small animal imaging using micro-CT and digital subtraction angiography. *Phys Med Biol*. 2008;53(19):R319-50. doi: 10.1088/0031-9155/53/19/R01
12. Liu Y, Scholtz G, Hou X. When a 520 million-year-old Chengjiang fossil meets a modern micro-CT – a case study. *Sci Rep*. 2015;5:12802. doi: 10.1038/srep12802
13. Dessel JV, Huang Y, Depypere M, Rubira-Bullen I, Maes F, Jacobs R. A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. *Dentmaxillofac Radiol*. 2013;42(8):20130145. doi: 10.1259/dmfr.20130145
14. Hsu J-T, Chen Y-J, Ho Y-J, Huang H-L, Wang S-P, Cheng F-C, et al. A comparison of micro-CT and dental CT in assessing cortical bone morphology and trabecular bone microarchitecture. *PLoS One*. 2014;9(9):e107545. doi: 10.1371/journal.pone.0107545
15. Swain MV, Xue J. State of the art of micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*. 2009;1(4):177-88. doi: 10.4248/IJOS09031
16. Sombke A, Lipke E, Michalik P, Uhl G, Harzsch S. Potential and limitation of X-ray micro-computed tomography in arthropod neuroanatomy: a methodological and comparative survey: micro-CT in arthropod neuroanatomy. *J Comp Neurol*. 2015;523:1281-95. doi: 10.1002/cne.23741
17. Kim AJ, Francis R, Liu X, Devine WA, Ramirez R, Anderton Sj, et al. Microcomputed tomography provides high accuracy congenital heart disease diagnosis in neonatal and fetal mice. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6(4):551-9. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000279
18. Fredericks JD, Bennett P, Williams A, Rogers KD. FTIR spectroscopy: a new diagnostic tool to aid DNA analysis from heated bone. *Forensic Sci Int Genet*. 2012;6(3):375-80. doi: 10.1016/j.fsigen.2011.07.014
19. Schmidt CW, Symes SA, editors. *The Analysis of Burned Human Remains*. London: Academic Press; 2008. Schultz JJ, Warren MW, Krigbaum JS, *Analysis of human cremains: gross and chemical methods*; p. 85-viii.
20. Kalsbeek N, Richter J. Preservation of burned bones: an investigation of the effects of temperature and pH on hardness. *Stud Conserv*. 2006;51(2):123-38.
21. Hochmeister MN, Budowle B, Borer UV, Eggmann U, Comey CT, Dirnhofner R. Typing of deoxyribonucleic acid (DNA) extracted from compact bone from human remains. *J Forensic Sci*. 1991;36(6):1649-61.
22. Thompson TJU. Heat-induced dimensional changes in bone and their consequences for forensic anthropology. *J Forensic Sci*. 2005;50(5):1008-15.
23. Gonçalves D. The reliability of osteometric techniques for the sex determination of burned human

- skeletal remains. *Homo*. 2011;62(5):351-8. doi: 10.1016/j.jchb.2011.08.003
24. Castillo RF, Ubelaker DH, Acosta JAL, de la Rosa RJE, Garcia IG. Effect of temperature on bone tissue: histological changes. *J Forensic Sci*. 2013;58(3):578-82. doi: 10.1111/1556-4029.12093
 25. Waterhouse K. Post-burning fragmentation of calcined bone: implications for remains recovery from fetal fire scenes. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(8):1112-7. doi: 10.1016/j.jflm.2013.10.004
 26. Waterhouse K. The effect of weather conditions on burnt bone fragmentation. *J Forensic Leg Med*. 2013;20(5):489-95. doi: 10.1016/j.jflm.2013.03.016
 27. Delattre VF. Burned beyond recognition: systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci*. 2000;45(3):589-96.
 28. Imaizumi K, Noguchi K, Shiraishi T, Sekiguchi K, Senju H, Fijii K, et al. DNA typing of bone specimens – the potential use of the profiler test as a tool for bone identification. *Leg Med (Tokyo)*. 2005;7(1):31-41. doi: 10.1016/j.legalmed.2004.07.003
 29. Imaizumi K, Saitoh K, Sekiguchi K, Yoshino M. Identification of fragmented bones based on anthropological and DNA analysis: case report. *Leg Med (Tokyo)*. 2002;4(4):251-6. doi: 10.1016/s1344-6223(02)00035-4
 30. Schwark T, Heinrich A, Preuße-Prange A, Wurmb-Schwark NV. Reliable genetic identification of burnt human remains. *Forensic Sci Int Genet*. 2011;5(5):393-9. doi: 10.1016/j.fsigen.2010.08.008
 31. Harvig L, Lynnerup N. On the volume of cremated remains – a comparative study of archaeologically recovered cremated bone volume as measured manually and assessed by computed tomography and by stereology. *J Archaeol Sci*. 2013;40(6):2713-22. doi: 10.1016/j.jas.2013.01.024
 32. Cattaneo C, DiMartino S, Scali S, Craig OE, Grandi M, Sokol RJ. Determining the human origin of fragments of burnt bone: a comparative study of histological, immunological and DNA techniques. *Forensic Sci Int*. 1999;102(2-3):181-91. doi: 10.1016/s0379-0738(99)00059-6
 33. Jæger JH, Johansen VL. The cremation of infants/small children: an archaeological experiment concerning the effects of fire on bone weight. *Cadernos do GEEvH*. 2013;2(2):13-26.

CURRENT STATE, OPPORTUNITIES AND PROSPECTS OF PERSONAL IDENTIFICATION BY BURNED BONE REMAINS

¹Golubovich L.L., ¹Zubko M.D., ²Golubovich A.L., ²Golubovich P.L.

¹Zaporizhia State Medical University, Zaporizhia, Ukraine

²MI "Zaporizhzhya Regional Bureau of Forensic Medical Examination" ZRC, Zaporizhia, Ukraine

Summary. The report highlights the current state (according to the literature) and the personal experience of specialists in a comprehensive study of burned bone remains with the aim of identifying dead people with bones of varying degrees of burning and destruction.

Aim of the work. Analyze the data of the scientific literature and outline the current opportunities and prospects for the study of burned bone remains.

Conclusions. The above material indicates that the burned bone remains have not been studied fully enough, and this does not allow to qualitatively and fully identify the deceased in all cases. In order to obtain sound and reliable results for the identification of victims in the area of high temperature, it is necessary to continue a systematic, consistent study of all bones of the human skeleton using modern research methods.

Keywords: burned bone remains, forensic medical examination, personality identification, integrated approach.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО СОЖЖЕННЫМ КОСТНЫМ ОСТАТКАМ

Голубович Л.Л.,¹ Зубко М.Д.,¹ Голубович А.Л.,² Голубович П.Л.²

¹Запорожский государственный медицинский университет, г. Запорожье, Украина

²КП «Запорожское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» ЗОС, г. Запорожье, Украина

Резюме. В статье рассмотрены современное состояние (по данным литературы) и собственный опыт комплексной работы специалистов по исследованию сожженных костных останков с целью идентификации лиц по костям разных степеней сожжения и фрагментации.

Цель работы. Проанализировать данные научной литературы и определить современные возможности и перспективы исследования сожженных костных останков.

Выводы. Изложенный материал свидетельствует о том, что сожженные костные останки изучены недостаточно полно, что не позволяет качественно и в полной мере проводить идентификацию погибшего лица во всех случаях. С целью получения обоснованных и достоверных результатов по идентификации личностей, погибших в зоне действия высокой температуры, необходимо продолжить планомерное и последовательное изучение всех костей скелета с применением современных методов исследования.

Ключевые слова: сожженные костные останки, судебно-медицинская экспертиза, идентификация личности, комплексный подход.

Відомості про авторів:

Голубович Л.Л. – доктор медичних наук, професор кафедри патологічної анатомії, судової медицини та медичного правознавства Запорізького державного медичного університету, м. Запоріжжя, Україна

Зубко М.Д. – кандидат медичних наук, доцент кафедри патологічної анатомії, судової медицини та медичного правознавства Запорізького державного медичного університету, м. Запоріжжя, Україна, ORCID ID: 0000-0003-2408-8214

Голубович А.Л. – судово-медичний експерт КУ «Запорізьке обласне бюро судово-медичної експертизи» ЗОР, м. Запоріжжя, Україна

Голубович П.Л. – судово-медичний експерт КУ «Запорізьке обласне бюро судово-медичної експертизи» ЗОР, м. Запоріжжя, Україна

Сведения об авторах:

Голубович Л.Л. – доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической анатомии, судебной медицины и медицинского правоповедения Запорожского государственного медицинского университета, г. Запорожье, Украина

Зубко М.Д. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры патологической анатомии, судебной медицины и медицинского правоповедения Запорожского государственного медицинского университета, г. Запорожье, Украина

Голубович А.Л. – судебно-медицинский эксперт КП «Запорожское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» ЗОС, г. Запорожье, Украина

Голубович П.Л. – судебно-медицинский эксперт КП «Запорожское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» ЗОС, г. Запорожье, Украина

Information about the authors:

Golubovich L.L. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Pathological Anatomy, Forensic Medicine and Medical Law of the Zaporizhia State Medical University, Zaporizhia, Ukraine

Zubko M.D. – Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of Pathological Anatomy, Forensic Medicine and Medical Law of the Zaporizhia State Medical University, Zaporizhia, Ukraine

Golubovich A.L. – forensic medical expert of the MI "Zaporizhzhya Regional Bureau of Forensic Medical Examination" ZRC, Zaporizhia, Ukraine

Golubovich P.L. – forensic medical expert of the MI "Zaporizhzhya Regional Bureau of Forensic Medical Examination" ZRC, Zaporizhia, Ukraine